



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

Jéssica Katarine Cavalcanti Da Silva

**ANÁLISE DE DESEMPENHO DO USO DE EQUIPAMENTOS DE  
TERRAPLENAGEM EM OBRAS DE HABITAÇÕES POPULARES**

Recife  
2018

---

Jéssica Katarine Cavalcanti Da Silva

**ANÁLISE DE DESEMPENHO DO USO DE EQUIPAMENTOS DE  
TERRAPLENAGEM EM OBRAS DE HABITAÇÕES POPULARES**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção de grau de Engenheiro Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Antonio Nunes Barbosa Filho.

Recife

2018

Catálogo na fonte

---

Bibliotecária Valdicéa Alves, CRB-4 / 1260

S586a Silva. Jéssica Katarine Cavalcanti da

Análise de desempenho do uso de equipamentos de terraplenagem em obras de habitações populares. / Jéssica Katarine Cavalcanti da Silva - 2018.

71 folhas, Ils. e Tab.

Orientador: Prof<sup>o</sup>.Dr. Antônio Nunes Barbosa Filho.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, 2018.

Inclui Referências e Anexos

1. Engenharia Civil. 2. Construções populares. 3. Maquinaria. 4. Avaliação.  
I. Barbosa Filho, Antônio Nunes (Orientador). II. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2018-91



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**ATA DA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO PARA CONCESSÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL**

**CANDIDATO:** JESSICA KATARINE CAVALCANTI DA SILVA

**BANCA EXAMINADORA:**

**Orientador:** ANTONIO NUNES BARBOSA FILHO  
**Examinador 1:** MAURÍCIO RENATO PINA MOREIRA  
**Examinador 2:** ANTONIO ACÁCIO DE MELO NETO

**TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:**

ANÁLISE DE DESEMPENHO DO USO DE EQUIPAMENTOS DE  
TERAPIA EM OBRAS DE HABITAÇÕES POPULARES  
**LOCAL:** SALA 111 - BLOCO DE AULAS  
**DATA:** 19/01/18 **HORÁRIO DE INÍCIO:** 9h15

Em sessão pública, após exposição de cerca de 30 minutos, o(s) candidato(s) foi (foram) arguido(s) oralmente pelos membros da banca com **NOTA: 8,0** (deixar 'Exame Final', quando for o caso).

1)  **aprovado(s) (nota > = 7,0)**, pois foi demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema da monografia e o texto do trabalho aceito.

As revisões observadas pela banca examinadora deverão ser corrigidas e verificadas pelo orientador no prazo máximo de 30 dias (o verso da folha da ata poderá ser utilizado para pontuar revisões).

O trabalho com nota no seguinte intervalo, **3,0 = < nota < 7,0**, será reapresentado, gerando-se uma nota ata; sendo o trabalho aprovado na reapresentação, o aluno será considerado **aprovado com exame final**.

2)  **reprovado(s). (nota < 3,0)**

Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da banca e pelo candidato.

Recife, 19 de janeiro de 2018

Orientador:

Avaliador 1:

Avaliador 2:

Candidato 1:



*Aos meus pais,*

*Ana Lúcia Cavalcanti da Silva e José Carlos da Silva*

*Por serem meu maior exemplo e a quem devo tudo o que sou.*

---

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, acima de tudo pela vida, e por iluminar meu caminho e me dar coragem para concluir essa longa jornada.

À minha família, que me deu muito apoio e confiança, que sempre esteve presente, me dando segurança. E teve compreensão nos momentos de ausência, quando foram necessários.

Ao professor orientador Antonio Nunes, que me incentivou e foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho, transmitindo o seu rico conhecimento e esclarecendo as dúvidas.

Ao meu gestor engenheiro de obras, Michel Mizushima pelo apoio na realização do estudo de caso.

Aos professores pelo apoio direto e indireto, que contribuíram para a minha formação pessoal e profissional.

Aos meus amigos e a todos que de alguma forma desejaram minha obtenção do Grau de Engenheira Civil.

---

## RESUMO

Qualquer atividade pode ser executada de modo mais simples e econômico, há sempre um equipamento que se adapta melhor às condições vigentes. A partir desse princípio, as construtoras, em especial as de empreendimentos do tipo Minha Casa Minha Vida, procuram reduzir os custos nas atividades realizadas no canteiro, dentre elas a terraplenagem. Dessa forma, esse trabalho inicialmente, mostra as opções de equipamentos de acordo com cada etapa da movimentação de terras. E, em seguida, define um guia para o dimensionamento dessas máquinas o qual foi exemplificado no estudo de caso, onde primeiro os equipamentos ideais foram definidos com relação aos fatores de escolha, sejam eles naturais, de projetos e econômicos. Logo após, foi feito o dimensionamento quantitativo das máquinas de fato necessárias à execução da atividade e comparado à quantidade utilizada na prática. Como resultado, foi concluído que o dimensionamento real estava acima do obtido através de cálculos, o que gerou aumento de custos.

Palavras-chaves: Construções populares. Maquinaria. Avaliação.

---

## **ABSTRACT**

Any activity can be performed in a simpler and economical way, there is always an equipment that adapts better to the current conditions. Starting from this principle, the builders of enterprises of the type My House My Life, try to reduce the costs in the activities carried out in the construction site, among them the earthworks. In this way, this work initially shows the equipment options according to each step of the land movement. And then, it defines a guide for the sizing of these machines, which was exemplified in the case study, where first the ideal equipments were defined with respect to the choice factors, be they natural, of projects and economic. Subsequently, the quantitative sizing of the machines required to perform the activity was done and compared to the amount used in the practice. As a result, it was concluded that the actual sizing was above that obtained through calculations, which generated cost increases.

**Keywords:** Popular constructions. Machinery. Evaluation.

---

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Bulldozer (Vista lateral).....	16
Figura 2 – Angledozer (Planta.).....	17
Figura 3 – Tiltadozer (Vista frontal.).....	17
Figura 4 – Moto scraper.....	19
Figura 5 – Escavadeira com caçamba frontal.....	21
Figura 6 – Escavadeira com caçamba invertida .....	22
Figura 7 – Escavadeira hidráulica.....	23
Figura 8 – Escavadeira com caçamba de arrasto .....	24
Figura 9 – Escavadeira com caçamba de mandíbula .....	25
Figura 10 – Escavadeira com caçamba de articulação múltipla .....	25
Figura 11 – Caminhão de carroceria fixa.....	27
Figura 12 – Caminhão basculante com caçamba para materiais granulares e argila.	27
Figura 13 – Caminhão fora de estrada .....	28
Figura 14 – Motoniveladora.....	29
Figura 15 - Rolo metálico liso tandem.....	30
Figura 16 - Rolo pé de carneiro rebocado.....	31
Figura 17 - Rolo pé de carneiro autopropelido.....	31
Figura 18 - Rolo de pneus autopropelidos.....	32
Figura 19 – Soquete de impacto.....	32
Figura 20 – Rolo vibratório pé de carneiro.....	33
Figura 21 – Localização do terreno .....	40
Figura 22 – Áreas de aterro e corte .....	42
Figura 23 - Vegetação do local da obra .....	43
Figura 24 - Exemplo de trecho a ser escavado .....	44
Figura 25 - Trator de laminas Komatsu D61ex-23M0 .....	48
Figura 26 - Escavadeira hidráulica Komatsu PC200-8M0 .....	49
Figura 27 - Resultado final da terraplenagem .....	55
Figura 28 - Disposição do canteiro de obras .....	56
Figura 29 - Local de disposição das máquinas.....	56

---

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Precipitação pluviométrica.....	41
Tabela 2 - Quadro resumo atividade de equipamento ideal.....	45
Tabela 3 - Fator de eficiência do trator .....	47
Tabela 4 - Fator de Empolamento.....	47
Tabela 5 - Fator de correção ( $\eta$ ). .....	47
Tabela 6 - Valor de $\text{tg}\alpha$ .....	48
Tabela 7 - Coeficientes de compactação.....	50
Tabela 8 - Fator de eficiência da caçamba.....	50
Tabela 9 - Tempo de ciclo da escavadeira.....	51
Tabela 10 - Tempo de parada, descarga e partida .....	52
Tabela 11 - Quantidade utilizada x quantidade ideal.....	57

---

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1</b>	<b>Considerações iniciais.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos gerais e específicos.....</b>	<b>14</b>
1.2.1	Objetivo geral .....	14
1.2.2	Objetivos específicos.....	14
<b>1.3</b>	<b>Metodologia .....</b>	<b>14</b>
<b>1.4</b>	<b>Estrutura do trabalho .....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA TERRAPLENAGEM DE HABITAÇÕES POPULARES .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Serviços preliminares .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>Serviços em terra (terraplenagem) .....</b>	<b>18</b>
2.2.1	Corte .....	18
2.2.1.1	<i>Escavação.....</i>	18
2.2.1.2	<i>Carregamento .....</i>	26
2.2.1.3	<i>Transporte .....</i>	26
2.2.2	Aterro .....	28
2.2.2.1	<i>Descarregamento e espalhamento .....</i>	28
2.2.2.2	<i>Correção da umidade .....</i>	29
2.2.2.3	<i>Compactação .....</i>	29
<b>3</b>	<b>SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS .....</b>	<b>35</b>
<b>3.1</b>	<b>Atribuição de custos de equipamentos .....</b>	<b>35</b>
<b>3.2</b>	<b>Alugar ou comprar?.....</b>	<b>35</b>
<b>3.3</b>	<b>Rendimento de equipamentos .....</b>	<b>35</b>
<b>3.4</b>	<b>Produtividade de equipamentos .....</b>	<b>36</b>
<b>3.5</b>	<b>Guia para o dimensionamento da frota .....</b>	<b>36</b>
3.5.1	Passo 1 - Levantamento de fatores naturais .....	36
3.5.2	Passo 2 - Levantamento de fatores de projeto .....	37
3.5.3	Passo 3 - Levantamento de fatores econômicos.....	37

---

3.5.4	Passo 4 - Escolha dos equipamentos .....	38
3.5.5	Passo 5 - Dimensionamento dos equipamentos .....	38
<b>3.6</b>	<b>Canteiro de obras x Segurança .....</b>	<b>38</b>
<b>3.7</b>	<b>Estudo de caso.....</b>	<b>40</b>
3.7.1	A obra .....	40
3.7.2	Atividades desenvolvidas .....	41
3.7.3	Dados para o dimensionamento.....	41
3.7.4	Equipamentos a utilizar .....	43
3.7.5	Comparação .....	45
3.7.8	Dimensionamento do canteiro de obras .....	55
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>57</b>
<b>4.1</b>	<b>Análise do resultado .....</b>	<b>57</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>59</b>
<b>5.1</b>	<b>Limitações do trabalho .....</b>	<b>59</b>
<b>5.2</b>	<b>Sugestões para trabalhos futuros .....</b>	<b>60</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>61</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>63</b>

---

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações iniciais

Já há algumas décadas, o Brasil desponta como um dos países mais populosos do mundo e com enorme índice de desruralização, porém, até a poucos anos, sem uma política habitacional de urbanização eficaz que promovesse a diminuição do déficit habitacional.

Entre os anos de 1950 a 2000, houve um crescimento da população urbana vivente em cidades com mais de 20 mil habitantes, de 11 milhões para 125 milhões de pessoas. (Bonduki, 2008).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na década de 1950, cresceu a população urbana brasileira e também se agravaram os problemas de habitação, principalmente para a população de baixa renda. Começou então a ser entendida como solução para os problemas habitacionais a produção de unidades de moradias coletivas. Assim, iniciaram-se os projetos e construções dos grandes conjuntos habitacionais, unidades coletivas produzidas em série, seguindo os preceitos da Arquitetura Moderna, com equipamentos públicos e serviços próximos as moradias.

O Banco Nacional da Habitação (BNH) (1964-1986) foi criado para tornar acessível à população de baixa renda a aquisição da casa própria, mantendo uma produção em série e em grande escala para assim solucionar o problema do déficit. Após sua extinção, nosso país encontrava-se em uma situação complicada, pois o número de inadimplentes era elevado e o déficit habitacional ainda não havia sido solucionado, além dos programas tradicionais terem se voltado para famílias com maior poder aquisitivo. Dessa maneira, alternativas foram sendo elaboradas para diminuir a intensidade dos problemas urbanos.

Em 2009, o governo Federal lançou o Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), cuja intenção era ampliar o mercado privado - antes concentrado em empreendimentos voltados às classes de maior renda – favorecendo famílias de baixa renda, utilizando recursos federais e incentivos fiscais.

O PMCMV pode ser dividido em três fases. A primeira fase (2009-2011) propôs contratar um milhão de moradias para famílias com renda de até dez salários mínimos. Os recursos previstos inicialmente eram de R\$ 34 bilhões, repartidos em programas de subsídios (R\$ 28 bilhões), de infraestrutura (R\$ 5 bilhões) e direcionados para a cadeia produtiva (R\$ 1 bilhão). Esses recursos foram divididos por regiões do país seguindo as estimativas aproximadas do déficit habitacional em cada bloco: 37% para o Sudeste; 34% para o

---

Nordeste; 12% para o Sul; 10% para o Norte; e 7% para o Centro-Oeste. (cartilha MCMV, 2012).

Na sua segunda fase (2011-2015), o PMCMV ajustou os valores das faixas de renda, passando a funcionar com a seguinte divisão:

faixa 1 – famílias com renda até R\$ 1.600,00;

faixa 2 – famílias com renda de R\$ 1.600,01 até R\$ 3.100,00 e

faixa 3 – famílias com renda de R\$ 3.100,01 e R\$ 5.000,00; além de famílias da zona rural. (cartilha MCMV, 2012).

Na fase 03 (2016-atualmente), houve a criação da faixa 1,5 – que beneficia famílias com renda até R\$ 2.350,00. Além das demais faixas terem sofrido alterações:

faixa 1: famílias com renda até R\$ 1.800,00;

faixa 2: famílias com renda de R\$ 1.800,01 até R\$ 3.600,00;

faixa 3: famílias com renda de R\$ 3.600,01 até R\$ 6.500,00.

O rápido avanço das construções de empreendimentos de interesse social pode muitas vezes acarretar decisões inadequadas quando tomadas sem critérios técnicos de viabilidade que possibilitem o conhecimento da eficiência de máquinas disponíveis para execução deste tipo de construção.

A mecanização tem grande importância financeira na obra pelos reflexos na redução da mão de obra e no desperdício de materiais. Estima-se que cerca de 1/3 do custo da obra está relacionado a custos com equipamentos e máquinas, por isso a importância da análise da real necessidade do equipamento a ser utilizado, pois alguns podem dispor do mesmo serviço, porém, com preço mais acessível ou com mais agilidade.

Para se racionalizar as operações mecanizadas, são necessárias a caracterização das operações a serem realizadas, a maneira de executá-las, a seleção de equipamentos para que as executem da melhor maneira, na área disponível e no tempo estabelecido.

Com base nessas características, a análise operacional procura obter o máximo rendimento útil de todos os recursos disponíveis, com o mínimo de dispêndio. Ter esse processo bem definido traz como benefícios para construtora:

- redução dos custos com equipamentos parados;
- aumento da produtividade no canteiro de obras;
- visão de médio e longo prazo em relação à utilização do equipamento.

## **1.2 Objetivos Gerais e Específicos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Analisar o dimensionamento do uso de equipamentos de terraplenagem na construção de habitações populares do tipo Minha Casa, Minha Vida, em obras situadas na Região Metropolitana do Recife.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- a) Relacionar os equipamentos utilizados nessa atividade;
  - a.1) Levantar critérios de aplicação ótimos dessa maquinaria;
  - b) Selecionar as máquinas ideais ao serviço de acordo com critérios naturais, de projeto e econômicos;
  - c) Realizar o dimensionamento da maquinaria ideal para atividade selecionada;
  - d) Comparar o dimensionamento ideal com o caso em análise;
  - e) Avaliar as diferenças entre a condição ideal e às encontradas no caso concreto.

## **1.3 Metodologia**

Este trabalho pode ser dividido em duas partes, a primeira consiste de uma pesquisa bibliográfica, que contém um conjunto de informações de máquinas de terraplenagem usadas em obras do tipo Minha Casa Minha Vida, que foi obtida a partir da coleta de uma série de dados. A segunda parte é um estudo de caso real, realizado em obra do tipo Minha Casa Minha Vida, onde é feita a determinação do melhor conjunto de máquinas a serem usadas para essa atividade e a comparação de um dimensionamento ideal e o utilizado na prática, analisando os desperdícios.

## **1.4 Estrutura do trabalho**

Essa monografia está dividida em 4 partes, de acordo com a enumeração abaixo:

- i) Capítulo 1 – Introdução: Nas considerações iniciais deste capítulo é apresentado o tema estudado contextualizado, o problema da pesquisa e a importância deste assunto, assim como os objetivos, a metodologia e a estrutura do trabalho;

- ii) Capítulo 2 – Equipamentos utilizados na terraplenagem de habitações populares: Neste capítulo é feita a revisão da literatura, onde são conceituados as etapas e as máquinas utilizadas para este tipo de obra;
- iii) Capítulo 3 – São definidos os fatores que devem ser levados em conta na seleção do equipamento, também contém um guia para o dimensionamento da frota, a caracterização da obra utilizada para estudo de caso; também são feitas a determinação do melhor conjunto de máquinas e a comparação da quantidade dos equipamentos utilizados com aquela que deveria ter sido utilizada e as recomendações para segurança do canteiro de obras;
- iv) Capítulo 4 – Resultados e discussões: Neste capítulo é feita a análise do resultado;
- v) Capítulo 5 - Conclusões: Neste último capítulo será feita a análise dos objetivos expostos, as limitações do estudo e sugestões para trabalhos próximos.

## 2 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA TERRAPLENAGEM DE HABITAÇÕES POPULARES

Os equipamentos serão apresentados de acordo com sua utilidade em cada etapa da obra conforme abaixo:

- Serviços preliminares;
- Serviços em terra (terraplenagem);

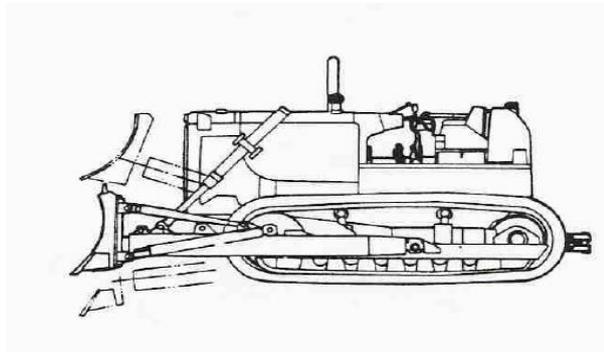
### 2.1 Serviços preliminares

Esta é a etapa inicial, que compreende o desmatamento, o destocamento e a limpeza. O desmatamento envolve o corte e a remoção de toda vegetação, independente de sua densidade. O destocamento e a limpeza compreendem a escavação e a total retirada dos tocos, matacões e casas de cupins.

De acordo com Guimarães (2001), as unidades destinadas a promover o desmonte de solos e seu respectivo transporte são as escavo empurradoras, também denominadas de tratores de lâmina por serem compostas de um trator ao qual é adaptado um implemento para execução desse tipo de atividade. À esse implemento colocado na parte frontal do trator dá se o nome de lâmina, que podem ser classificadas em:

- *Bulldozer*: é a lâmina precursora das unidades escavo empurradoras, apresenta como característica os movimentos ascendente e descendente em relação ao plano horizontal;

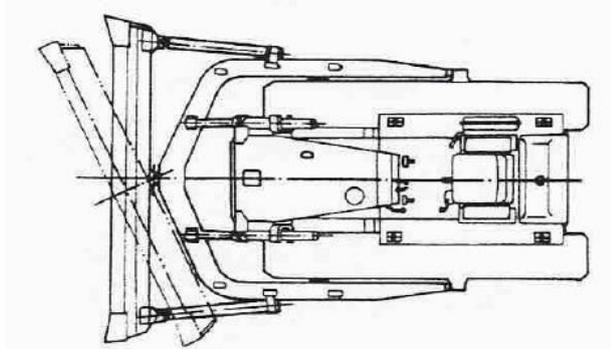
Figura 1 – Bulldozer (Vista lateral)



Fonte: JAWORSKI, 2011.

- *Angledozer*: além dos movimentos ascendente e descendente, pode fazer ângulos à direita e à esquerda com o plano que a contém;

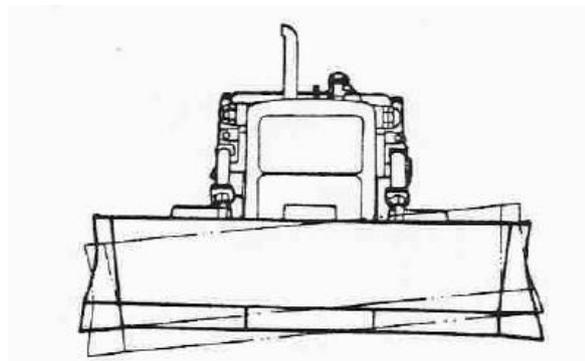
Figura 2 – Angledozer (Planta)



Fonte: JAWORSKI, 2011.

- *Tiltadozer*: possui todos os movimentos próprios das anteriores e mais um terceiro movimento, que é o de inclinar-se lateralmente segundo o plano vertical que contém a lâmina, ou seja, baixar a extremidade direita enquanto a eleva do outro lado.

Figura 3 – Tiltadozer (Vista frontal)



Fonte: JAWORSKI, 2011.

Poderão ser utilizadas também, a destocadeira que é um dispositivo destinado à destocagem (retirada de tocos de árvores) e a lâmina limpadora, que possui em sua parte inferior uma série de dentes, ao invés da faca cortante o que permite juntar e remover materiais como raízes e pequenas árvores.

De uma maneira geral, as unidades escavo empurradoras podem ser utilizadas para:

- desmatamento, limpeza e destocamento;
- abertura de caminhos de serviços;
- iniciação de cortes a meia encosta, para possibilitar a ação de outros equipamentos;

- construção de aterros de pequena altura com empréstimo lateral (bota-dentro);
- cortes com bota fora lateral em terrenos de forte inclinação lateral ou longitudinal;
- regularização de aterros com nivelamento áspero;
- remoção de troncos de árvores (destocamento) e blocos de pedras de grande tamanho;
- espalhamento de materiais depositados por outro equipamento;
- como empurrador (pusher) de unidades escavo transportadoras.

## **2.2 Serviços em terra (terraplenagem)**

Designa-se por terraplenagem os movimentos de terra necessários para se proceder a uma construção modificando assim a topografia do terreno de forma a torná-la mais apropriada. Pode ser dividido em três operações, sendo elas os serviços preliminares, descritos anteriormente, o corte e o aterro, definidos conforme abaixo:

### **2.2.1 Corte**

São segmentos que requerem escavação no terreno natural para se alcançar a linha do greide de projeto. As operações de corte compreendem: a escavação, o carregamento e o transporte do material.

#### **2.2.1.1 Escavação**

Escavar é retirar quantidades de terra de uma determinada área do terreno, modificando seu estado natural, a fim de adequar o nível ao requerido pelo projeto de terraplenagem. A escavação pode ser feita para nivelar um terreno irregular, em aclave ou declive, através de platôs; criar valas ou canais; taludes em encostas entre outras situações.

Para tal atividade são utilizadas as máquinas escavo-transportadoras e as escavo-carregadoras abaixo descritas:

#### **Unidades escavo-transportadoras**

São os equipamentos capazes de executar a escavação do material, recolhê-lo em uma caçamba, efetuar o transporte desse material ao local adequado e promover sua descarga. Basicamente, há dois tipos de unidades escavo-transportadoras: o “scraper” (já ultrapassado tecnologicamente) e o “moto scraper”, sendo o primeiro rebocado por uma unidade de tração e o segundo automotriz.

Quanto aos tipos de tração podem ser:

- a) Trator de esteiras: Desenvolve velocidades de 6 a 12 km/h percorrendo uma distância máxima de 300m. Possui maior força de tração que o de pneus;

- b) Trator de rodas pneumáticas: Pode ser de duas e de quatro rodas. Chegam a desenvolver velocidades de até 50km/h e operam economicamente até uma distância de 3000m.

A escavação é realizada pela lâmina de corte, a carga é obtida pelo deslocamento do “scraper”, que faz com que o material cortado seja empurrado para o interior da caçamba. Quando a carga da caçamba é completada, inicia-se o transporte até o local de destino onde será feita a descarga.

Vantagens:

- Economia de tempo na execução dos serviços;
- Baixo custo de operação;
- Simplicidade de operação;
- Elevada produção.

Por outro lado, as desvantagens são:

- Equipamento de grande porte;
- Custo elevado de aquisição;
- Só apresentam vantagens financeiras se usados de forma contínua.

Figura 4 – Moto scraper



Fonte: Site da Caterpillar – Disponível em < [https://www.cat.com/pt\\_BR/products/new/equipment/wheel-tractor-scrapers/open-bowl-scrapers/14079172.html](https://www.cat.com/pt_BR/products/new/equipment/wheel-tractor-scrapers/open-bowl-scrapers/14079172.html) >

Unidades escavo-carregadoras

Essa classe compreende aqueles equipamentos que executam operação de escavação e carga do material escavado sobre outro equipamento, este último participando nas tarefas de transporte e descarga.

---

As unidades escavo-carregadoras são divididas em dois grupos distintos: as escavadeiras e as carregadeiras, sendo diferenciadas pelo fato das primeiras se deslocarem para fazer a carga e descarga do material nas unidades de transporte, enquanto as últimas permanecem estáticas, sem se deslocarem da posição operacional.

#### a) Carregadeiras

Também conhecidas como pás-carregadeiras, estas máquinas são montadas sobre tratores de esteiras ou de pneumáticos, possuindo uma caçamba ou concha em sua parte frontal que é acionada por braços articulados de comando hidráulicos, que lhe conferem movimento ascendente e descendente.

O ciclo de operação de uma pá-carregadeira compreende o avanço sobre o terreno a escavar, o enchimento da caçamba, o recuo da máquina, o avanço sobre a unidade transportadora, a descarga do material contido na caçamba e o retrocesso à posição original.

As carregadeiras podem ser divididas quanto ao material rodante que podem ser de esteiras ou de pneus:

- Pás carregadeiras de esteiras: operam em terrenos pouco consistentes, tem maior aderência ao solo e maior poder de escavação. Por outro lado, possuem manobras mais lentas, com tempos de ciclos maiores e sua distância máxima de transporte é em torno de 30m;

- Pás carregadeiras de pneus: tem porte relativamente pequeno. Não tem condições de operar em todo o tipo de terreno. Sua distância máxima de transporte não passa de 50m.

Quanto ao seu uso, podem executar serviços tais como: (Guimarães, 2001):

- escavação de materiais de taludes;
- escavação abaixo do nível do solo;
- carga em veículo de transporte de materiais soltos em pilhas de estocagem;
- acabamento (nivelamento) rústico em superfícies;
- formação e manutenção de acúmulo de materiais soltos;
- alimentação de silos;
- carregamento de pedras dinamitadas em pedreiras.

#### b) Escavadeiras

Possuem a característica de executar a escavação com a máquina estacionada, sem se deslocar sobre o terreno. São classificadas quanto a sua base de apoio em:

- Base de esteiras: é o mais tradicional, possui velocidade de deslocamento bastante baixa, não ultrapassando 4km/h, por isso não se recomenda deslocá-la a grandes distâncias. As esteiras possibilitam que o equipamento se desloque em rampas de até 30%.

- Base de pneus: são sempre de menor porte que as sobre esteiras. Essas escavadeiras são recomendadas quando as condições de obra requerem constantes deslocamentos no canteiro, alcançando velocidades de até 32km/h. Para dar maior segurança na fase de escavação e giro, faz uso do apoio de pés metálicos retráteis.

Quanto a maneira de proceder a escavação e devido à forma construtiva do implemento escavado, as escavadeiras podem ser agrupadas: “shovel”, “back-shovel”, “drag-line”, “clam-shell”, “Orange-peel” e caçamba de garra.

a) Com caçamba frontal (“shovel”):

Destina-se a escavar taludes situados acima do nível em que a máquina se situa. A superestrutura deste equipamento é composta por uma lança, à qual se acha acoplado um braço móvel, que tem em sua extremidade uma caçamba (shovel) que executa o corte. A descarga do material se dá pelo giro da plataforma até o equipamento transportador, quando é então aberta a tampa móvel inferior da caçamba.

Emprego das escavadeiras com caçamba frontal:

- Escavação de taludes constituídos por materiais com resistência à escavação compatível;
- Escavações em locais com área restrita (fundações de edifícios);
- Carregamento de materiais soltos em unidades de transporte;
- Escavação de valetas de pouca profundidade.

Figura 5 – Escavadeira com caçamba frontal



Fonte: Site da Caterpillar –

Disponível em <[https://www.cat.com/pt\\_BR/products/new/equipment/hydraulic-mining-shovels/hydraulic-mining-shovels/18429148.html](https://www.cat.com/pt_BR/products/new/equipment/hydraulic-mining-shovels/hydraulic-mining-shovels/18429148.html)>

b) Com caçamba invertida (“back-shovel”):

Popularizada no início da década de 50, é um dos equipamentos mais versáteis. Trata-se de um trator que possui na sua parte frontal uma pá maior e na traseira uma menor, sendo assim uma máquina multitarefa. A retro-escavadeira, como também é conhecida, é um equipamento semelhante ao “shovel”, diferenciando pelo fato de que a caçamba trabalha invertida, voltada para baixo e a descarga do material é feita pela boca da caçamba igualmente o carregamento. Destina-se à operação abaixo do nível do seu plano de apoio.

Emprego das escavadeiras de caçamba invertida:

- Escavação de valas com largura e profundidade constantes;
- Carregamento de caminhões com terra e dejetos;
- Escavação de valas com taludes inclinados para escoamento de águas.

Figura 6 - Escavadeira com caçamba invertida



Fonte: Site da Caterpillar –

Disponível em < [https://www.cat.com/pt\\_BR/products/new/equipment/backhoe-loaders/center-pivot/18402450.html](https://www.cat.com/pt_BR/products/new/equipment/backhoe-loaders/center-pivot/18402450.html)>

#### Escavadeira hidráulica

É uma máquina que escava e retira a terra de aterros sanitários, construções ou grandes áreas de mineração, a força para escavar vem do sistema hidráulico localizado dentro do seu interior.

De maneira geral, a escavadeira hidráulica pode ser considerada a combinação entre três componentes diferentes que asseguram o seu funcionamento e aplicações variadas, são eles:

- 1) Trator: É a parte essencial da escavadeira, onde tudo é controlado. Munido com um motor a diesel, controles, uma cabine para proteção do operário e rodas que permitem o deslocamento fácil em qualquer terreno.
- 2) Balde: Utilizado para apanhar e carregar material solto como por exemplo terra ou areia.
- 3) Escavadeira: Esta é a parte onde é possível toda a ação, é devido a este grande “braço” mecânico que a escavadeira consegue fazer todo o tipo de escavações para preparar o terreno de forma a permitir a continuação da obra.

Figura 7 - Escavadeira hidráulica



Fonte: Site da New Holland – Disponível em < <https://construction.newholland.com/lar/pt> >

c) Com caçamba de arrasto (“drag-line”):

As escavadeiras desse tipo objetivam escavar em níveis situados abaixo do terreno de apoio da máquina. Têm uma longa lança acoplada a polias e cabos de aço que arrastam a caçamba sobre o material que está sendo escavado e em seguida a leva ao ponto de descarga, onde fica com sua boca para baixo para despejo do material.

Emprego da escavadeira com caçamba de arrasto:

- Limpeza de capas de jazidas e pedreiras;
- Abertura de valas e canais;
- Desobstrução de rios e canais;
- Extração de areia e pedregulho de cavas.

Entre suas vantagens estão:

- Escava em níveis bem inferiores em relação ao plano de apoio de sua base;

- Escava e deposita o material a uma distância longa (30 a 75 metros);
- Deposita em montes de altura elevada.

Enquanto suas desvantagens são:

- A superfície escavada não fica com bom acabamento;
- Apresenta dificuldades de descarga em unidades de transporte;
- Apresenta dificuldade de locomoção.

Figura 8 - Escavadeira com caçamba de arrasto



Fonte: Site da Caterpillar – Disponível em

<[https://www.cat.com/pt\\_BR/products/new/equipment/draglines/draglines/18265906.html](https://www.cat.com/pt_BR/products/new/equipment/draglines/draglines/18265906.html)>

d) Com caçamba de mandíbula (“clam shell”):

Esse modelo é bastante semelhante ao da “dragline”, somente modificando o tipo da caçamba, que é formada por duas metades simétricas que abrem e fecham.

Emprego da escavadeira com caçamba de mandíbula:

- Escavação de poços profundos e verticais;
- Escavação de valas profundas além do limite alcançado pela retroescavadeira;
- Carregamento de materiais em unidades de transporte;
- Formação de depósitos a céu aberto.

Figura 9 - Escavadeira com caçamba de mandíbula



Fonte: Site da Direct Industry– Disponível em

<<http://www.directindustry.com/pt/prod/kinshofer/product-65780-1582497.html> >

e) Com caçamba de articulação múltipla (“Orange-peel”):

Esse tipo de escavadeira é semelhante à *clam shell* e à *drag line*, diferenciando na caçamba que é constituída por segmentos em forma de gomos que se abrem e fecham entre si, justificando a denominação de “orange peel” (casca de laranja). As suas aplicações principais são a abertura de poços de grandes profundidades e a carga de materiais soltos sobre outros dispositivos.

Figura 10 - Escavadeira com caçamba de articulação múltipla



Fonte: Site da Direct Industry– Disponível em <<http://www.directindustry.com/pt/prod/toroloco-srl/product-189740-1861431.html> >

### *2.2.1.2 Carregamento*

Logo após a escavação, ainda englobando a atividade de corte, têm-se o carregamento do material em máquinas designadas unidades de transporte. Este carregamento pode ser feito pelas unidades escavo-carregadoras, acima descritas, no caso das unidades de transporte serem caminhões, ou pelas unidades escavo-transportadoras, que escavam já armazenando material em seu interior.

### *2.2.1.3 Transporte*

Como última etapa da escavação, temos o transporte. Este pode ser feito pelas mesmas unidades escavo-transportadoras descritas anteriormente, ou por unidades de transporte.

As unidades transportadoras horizontais são utilizadas em operações de terraplenagem, quando as distâncias de transporte são elevadas a ponto de tornar antieconômico o emprego de unidades escavo empurradoras ou escavo transportadoras.

As unidades transportadoras podem ser divididas através do procedimento empregado ser manual ou mecanizado (Jaworski, 2011):

Meio manual:

- Alavanca: para mover blocos, toras de madeiras;
- Barras: para mover postes, vigas de madeira e metálicas;
- Rolos: para movimentação de blocos, máquinas;
- Padiolas: para transporte de pedras, sacarias, caixas;
- Carrinhos de mão: para uso geral;
- Galeotas: para cargas como materiais argilosos ou granulares;
- Vagonetes: para materiais de escavação em túneis e galerias.

Meio mecanizado:

- a) Caminhões comuns: têm a permissão de trafegar nas rodovias, estradas e ruas urbanas.
  - carroceria fixa: possui carroceria fixa de madeira de descarga lateral, pela facilidade de baixar os seus três lados são utilizados para transporte de carga geral, como sacos de aglomerantes, tubos de concreto, tijolos e outros materiais de construção, sendo eventualmente utilizado para cargas a granel (solos, areia, brita).

Caracterizam-se, entretanto, pela inconveniência da carga e descarga ser normalmente manual;

Figura 11 – Caminhão de carroceria fixa



Fonte: Blog “O caminhão”. Disponível em: < <http://ocaminhao.blogspot.com.br/>>

- basculantes: possuem uma caçamba metálica capaz de ser basculada (inclinada) para trás para ser feito o descarregamento através da abertura da parte traseira, no caso de transporte de britas, areias e argilas, ou caçamba metálica com parte traseira inclinada, não basculável, para o transporte de pedras. Tem capacidade que varia de 4,5 a 6,0 m<sup>3</sup>.

Figura 12 - Caminhão basculante com caçamba para materiais granulares e argila



Fonte: Site da Volvo. Disponível em: < <http://volvonaestrada.com.br/2015/12/cuidados-necessarios-para-se-dirigir-um-caminhao-basculante/>>

## b) Caminhões especiais

- caminhões tanque: possuem em substituição à carroceria um tanque (reservatório) para o transporte de líquidos que dependendo da natureza dos mesmos podem ser caminhões-tanque para água (caminhão pipa), combustível ou asfalto.
- fora de estrada: devido suas grandes dimensões, são impedidos de circular nas estradas, sendo restritos aos canteiros de obras e empregados para o transporte de grandes volumes de materiais soltos (solos, rochas detonadas, minérios) a médias distâncias. Têm carroceria basculante com descarga traseira.

Figura 13 – Caminhão fora de estrada



Fonte: Site da Caterpillar – Disponível em < [https://www.cat.com/pt\\_BR/products/new/equipment/off-highway-trucks/off-highway-trucks/16881896.html](https://www.cat.com/pt_BR/products/new/equipment/off-highway-trucks/off-highway-trucks/16881896.html) >

### 2.2.2 Aterro

Aterros são seções cuja implementação requer o depósito de materiais, para que se atinja a cota desejada em projeto. Sempre que os solos provenientes da escavação tiverem boas características, podem ser utilizados diretamente nesse preenchimento. As operações de aterro compreendem a descarga, o espalhamento, a correção da umidade (aeração ou umedecimento) e a compactação dos materiais escavados.

#### 2.2.2.1 Descarregamento e espalhamento

A descarga do material é feita pelas unidades de transporte descritas anteriormente, enquanto o espalhamento é feito pelas unidades niveladoras abaixo denominadas.

Unidades niveladoras ou aplainadoras

(Jaworski, 2011) São equipamentos dedicados ao espalhamento de materiais e as operações de acabamento final da área terraplenada. Possuem uma lâmina dotada de uma

variada movimentação, que pode ser abaixada ou levantada e girar em torno de um eixo, e um implemento escarificador, utilizado na desagregação de solos. Podem ser denominadas de:

- a) Moto niveladora: também chamada patrol, tem sua unidade propulsora como parte integrante da máquina;
- b) Niveladora rebocável: quando a unidade propulsora não é parte integrante da máquina.

Entre os principais serviços da motoniveladora estão:

- Acabamento de superfícies, nivelamento;
- Mistura e espalhamento de materiais;
- Acabamento de taludes;
- Corte do terreno;
- Capina de vegetação rasteira;
- Abertura de valas pouco profundas;
- Escarificação leve com pouca profundidade.

Figura 14 - Motoniveladora



Fonte: Site da Caterpillar – Disponível em < [https://www.cat.com/pt\\_BR/products/new/equipment/motor-graders/k-series-motor-graders/18375106.html](https://www.cat.com/pt_BR/products/new/equipment/motor-graders/k-series-motor-graders/18375106.html) >

#### 2.2.2.2 Correção da umidade

Para o caso de aeração, pode ser utilizado o implemento escarificador da motoniveladora, já caso de umedecimento, deve-se usar caminhão pipa dotado de implemento aspergidor.

#### 2.2.2.3 Compactação

Para a construção de um aterro, o material é inicialmente escavado de sua origem e em seguida espalhado sobre o terreno em estado solto, com excesso de vazios.

A compactação é um processo que visa melhorar as propriedades do solo através da redução de seus vazios pela aplicação de pressão, impacto ou vibração por processos manuais ou mecânicos. Além disso, esse processo torna o maciço mais homogêneo e aumenta o peso específico aparente.

Segundo Guimarães, para cada processo enumerado abaixo correspondem equipamentos apropriados, utilizados para essa atividade:

1) Compressão ou pressão: consiste na aplicação de forças verticais de elevadas intensidades sobre o terreno, que são geradas pelo peso próprio do equipamento, ocasionando uma compactação superficial. Os equipamentos de compactação são comumente denominados rolos compressores, sendo dividido conforme descrição abaixo:

- Rolos metálicos lisos de três rodas: Normalmente denominado rolo compressor, possuem como rodas três cilindros metálicos, dois de tração (traseiros) e um de direção (dianteiro). Sua principal característica é o peso, sendo fabricados normalmente com 10 t. É empregado na compactação de macadame, saibros e britas nos serviços de revestimento de estradas;

- Rolos metálicos lisos, tandem: Possuem duas rodas, alinhadas uma atrás da outra, sendo a dianteira de impulsão e a traseira de direção. Sua principal aplicação é na rolagem de camadas pouco espessas de misturas betuminosas a quente (Guimarães, 2001);

Figura 15 – Rolo metálico liso tandem

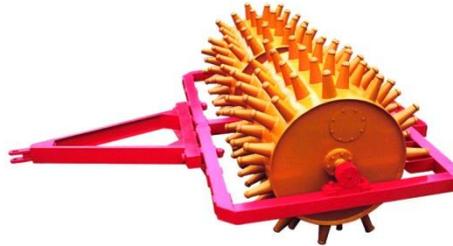


Fonte: Site da Caterpillar – Disponível em

<[https://www.cat.com/pt\\_BR/products/new/equipment/compactors/tandem-vibratory-rollers/18547605.html](https://www.cat.com/pt_BR/products/new/equipment/compactors/tandem-vibratory-rollers/18547605.html)>

- Rolos pés de carneiro, rebocados: São acoplados a uma unidade de tração e empregados no adensamento de solos siltosos e argilosos. Apresentam a inconveniência de ter que fazer manobras para fazer as passadas de volta (Homero Alves de Lima);

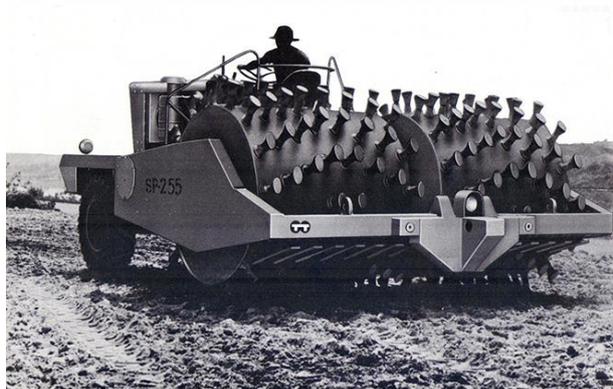
Figura 16 – Rolo pé de carneiro rebocado



Fonte: Site da Conishi – Disponível em < [http://www.conishi.com.br/?page\\_id=23/](http://www.conishi.com.br/?page_id=23/) >

- Rolos pés de carneiro, auto propelidos: possuem mesma função dos rebocáveis, porém possui maior rendimento e velocidade, implicando em custo final de quase metade do que resultaria do uso de um rolo rebocado (Guimarães, 2001);

Figura 17 – Rolo pé de carneiro auto propelido



Fonte: Site da Caterpillar –

Disponível em < [https://www.cat.com/pt\\_BR/products/new/equipment/compactors/vibratory-soil-compactors/18230406.html](https://www.cat.com/pt_BR/products/new/equipment/compactors/vibratory-soil-compactors/18230406.html) >

- Rolos de grelha: seu uso é limitado à trituração de rocha fragmentada, aterros feitos com pedras, fragmentação de pavimentos betuminosos e consolidação de cortes e aterros (Guimarães, 2001);
- Rolos de pneus, rebocáveis: dependem de uma unidade de tração para se locomover e é utilizado na maioria dos trabalhos de compactação de aterros, de solos estabilizados e de misturas betuminosas (Guimarães, 2001);
- Rolos de pneus, autopropelidos: seu uso é análogo ao rebocável diferenciando que dispõe de um motor que permite seu próprio deslocamento (Guimarães, 2001);

Figura 18 – Rolo de pneus autopropelidos



Fonte: Site da Caterpillar –

Disponível em < [https://www.cat.com/pt\\_BR/products/new/equipment/compactors/pneumatic-rollers/18359786.html](https://www.cat.com/pt_BR/products/new/equipment/compactors/pneumatic-rollers/18359786.html)>

- 2) Impacto: ação de forças verticais representadas pela queda de uma massa, agindo de forma intermitente com baixa frequência.
- Soquete de impacto (sapo mecânico): é recomendado para locais de áreas confinadas, assim como em locais onde não seja possível movimentar um equipamento de maior tamanho, como encontro de pontes, fundações de edifícios, muros de arrimo e outros (Guimarães, 2001);

Figura 19 – Soquete de impacto



Fonte: Site da Bomag –

Disponível em < <https://www.bomag.com/br/pt/products/linha-leve/Compactadores-de-percussao-;-Tipo-sapo/BT+65.html>>

- 3) Vibração: análogo ao anterior, porém com alta frequência
- Rolos metálicos lisos, vibratórios: são aplicados principalmente para compactar camadas de materiais granulares, semi coesivos e não coesivos;

- Rolos metálicos pés de carneiro, vibratórios: são indicados especialmente para os solos não coesivos. Produz um efeito de amassamento que impedirá formação de cascas, dando uma estrutura homogênea ao solo (Guimarães, 2001).

Figura 20 – Rolo vibratório pé de carneiro



Fonte: Site da Caterpillar –

Disponível em < [https://www.cat.com/pt\\_BR/products/new/equipment/compactors/pneumatic-rollers/18359786.html](https://www.cat.com/pt_BR/products/new/equipment/compactors/pneumatic-rollers/18359786.html)>

Para fins de dimensionamento e análise de desempenho, existem fatores que influem na compactação, são eles: umidade solo, número de passadas, espessura da camada, homogeneização da camada e velocidade de rolagem, descritos abaixo:

- Umidade do solo: Os solos em seu estado natural apresentam-se, muitas vezes, com umidade muito inferior (épocas de poucas chuvas) ou muito superior (durante o período de chuvas) à ótima. Portanto, mesmo que o equipamento forneça energia de compactação suficiente, não conseguirá atingir o peso específico máximo. Faz-se necessário então, efetuar a correção da umidade, seja irrigando as camadas, ou aerando-as;
- Número de passadas: É o fator que, afetando a produção do equipamento na razão inversa, pode aumentá-la ou reduzi-la consideravelmente, refletindo diretamente no custo do serviço e no seu tempo de execução. Por isso, é indicado que execute-se a compactação inicialmente em pistas experimentais, a fim de determinar o menor número de passadas necessário a densidade máxima desejada;
- Espessura da camada: Por razões econômicas, é preferível que a espessura da camada seja a maior possível, entretanto, fatores como as características do material e do tipo de equipamento empregado, que determinam de fato essa

altura. O que realmente importa, é a garantia da homogeneidade da camada compactada.

- Homogeneização da camada: É importante que a camada a ser compactada, se apresente tanto quanto possível homogênea com relação à composição do solo.
- Velocidade de rolagem: Influencia diretamente na intensidade da compactação, quanto mais devagar a passagem do rolo, mais intensa a compactação.

### **3. SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS**

#### **3.1 Atribuição de custos de equipamentos**

A análise e atribuição dos custos de equipamento pode tomar formas diferentes dependendo dos objetivos a atingir. Na análise da estrutura de custos consideramos, fundamentalmente, dois tipos de encargos: os fixos (que englobam custos de gestão, desvalorizações, juros, seguros, armazenagens, transportes, montagens e desmontagens) e os variáveis, integrando custos de conservação, reparação, consumo e manobra.

#### **3.2 Alugar ou comprar?**

A escolha de comprar ou alugar máquinas para as obras de terraplenagem depende do objetivo de cada construtora entre investir em ativos e montar uma estrutura para a gestão dos mesmos ou de alugar e administrar cada empreendimento isoladamente. É necessário avaliar uma série de fatores, custos, além de pesar os prós e contras da transação. O procedimento a adotar é o seguinte:

- 1 – Fazer a seleção tecnológica, independente da solução disponível, ou seja, pensar no equipamento mais conveniente para a realização do trabalho;
- 2 – Calcular o rendimento médio do equipamento de modo a satisfazer os prazos disponíveis;
- 3 – Dentre as soluções possíveis estudar o respectivo custo total em função da produção e do tempo e escolher a solução mais econômica.

A escolha final, deve considerar a praticidade da locação e o menor preço do equipamento próprio, em frente ao risco da ociosidade e a incerteza do valor de revenda ao final da obra.

#### **3.3 Rendimento de equipamentos**

São considerados três tipos:

- rc – rendimento de catálogo ou teórico;

- $r_m$  – rendimento médio, calculado por:  $r_m = P/H$ , sendo P: quantidade de trabalho realizado num determinado período de tempo de H: horas gastas na realização do trabalho;
- $r_o$  – rendimento para orçamento, calculado por:  $r_o = P/T$ , sendo T: período de tempo que a máquina se encontra na obra em horas.

### **3.4 Produtividade de equipamentos**

O problema da avaliação da produtividade dos equipamentos consiste na elaboração de um esquema de controle dos rendimentos reais e sua posterior comparação com os rendimentos considerados em fase de orçamento.

Obviamente que um equipamento está sendo usado de forma produtiva quando rendimento real  $\geq$  rendimento orçamento.

### **3.5 Guia para o dimensionamento de frota de serviço de terraplenagem**

Este guia tem por objetivo apresentar todos os passos que se deve ter para o dimensionamento de uma frota de serviço de terraplenagem para empresas que utilizam programas do Minha Casa Minha Vida e por fim demonstrar o dimensionamento feito para uma empresa existente.

#### **3.5.1 Passo 1 – Levantamento de fatores naturais**

Fatores naturais: São os que dependem das condições vigentes no local de trabalho, como topografia mais ou menos acidentada, natureza dos solos existentes, presença de lençol freático, regime de chuvas etc.

a) Natureza do solo: é preciso identificar as características físicas do solo, como a granulometria, resistência ao rolamento, capacidade de suporte à ação das cargas e umidade natural. Em solos com baixa capacidade de suporte pode-se até eliminar as opções de máquinas com base sobre pneus, devido a problemas de afundamento e falta de aderência, a opção seria o uso de máquinas de esteira, por sua boa flutuação e aderência. Nos casos extremos, onde nem as máquinas sobre esteiras podem trafegar, pois o solo não suporta o peso da máquina, faz-se a remoção da camada superficial de material.

b) Topografia: a declividade natural do terreno, rampas mais ou menos acentuadas, é fator de escolha da potência e aderência de determinado tipo de máquina, levando em conta também a segurança na execução da atividade.

c) Regime de chuvas: As características da precipitação pluvial na região afetam também na escolha do equipamento ideal, pois influem na produtividade dos mesmos. Por exemplo, em situações chuvosas é desaconselhável o uso de máquinas sobre pneus, devendo optar pelas de esteiras.

### 3.5.2 Passo 2 – Levantamento de fatores de projeto

Fatores de projeto: São representados pelo volume de terra a ser removida e as distâncias de transporte.

a) Volumes de terra: Quando o volume de terras a ser movido é elevado o custo é maior, pois usam-se máquinas com maior qualidade e em maior número. O contrário acontece se o volume for reduzido. Não é viável o uso de equipamentos de grande produtividade em trabalhos pequenos.

b) Distâncias de transporte: A produtividade de uma máquina depende do seu tempo de ciclo, isto é, do tempo que ela gasta em cada operação de escavação, carga, transporte, descarga, retorno e manobra para dar reinício. As operações de carga, descarga e manobras requerem um tempo pequeno, tendo o transporte o maior peso no tempo de ciclo, dependendo um maior custo. Assim, em grandes distâncias, é preferível usar equipamentos de baixo custo, o que permite um número grande de unidades na frota de transporte sem, contudo, implicar investimento demasiado alto.

### 3.5.3 Passo 3 – Levantamento de fatores econômicos

Fatores econômicos: São os fatores decisivos na escolha a ser feita entre soluções tecnicamente viáveis com base nos custos unitários dos serviços para cada opção. Os fatores econômicos nos dias de hoje, assumem um predomínio muito alto em todos os projetos. Por isso, são feitos estudos para encontrar um conjunto de máquinas que permitam alcançar um menor custo satisfazendo as exigências da obra. Princípios básicos do critério econômico: Redução ao máximo, do capital empatado; equilíbrio de trabalho para rendimento máximo por unidade mecanizada; custo unitário sempre menor que o custo da máquina ou do método de trabalho alternativo.

#### 3.5.4 Passo 4 – Escolha dos equipamentos

Para a correta escolha dos equipamentos devem-se analisar todos os fatores que exercem influência no seu comportamento.

Deve-se considerar também, que em muitos casos pode haver mais de uma configuração de frota que satisfaça as condições vigentes, ficando a escolha a critérios pessoais, econômicos e de cronograma.

Porém, para uma escolha acertada na seleção de equipamentos, esses devem ser selecionados de forma integrada, a fim de aumentar a compatibilidade entre estes, otimizando a produtividade e principalmente minimizando os custos de produção.

#### 3.5.5 Passo 5 – Dimensionamento dos equipamentos

A partir do momento que se determinam as máquinas a serem utilizadas numa terraplenagem e seus respectivos ciclos básicos de operação, são realizadas as tarefas de dimensionamento dos equipamentos escolhidos para se atingir as metas de produção. Em especial nesse trabalho, serão analisados os equipamentos utilizados em obra do Programa Minha Casa Minha Vida.

### **3.6 Canteiro de obras x Segurança**

A área da construção civil apresenta muitos fatores que podem comprometer a saúde integridade física dos trabalhadores que nele atuam. Cada operário lida com grandes maquinários, rotinas pesadas de trabalho, dentre outras práticas.

Segundo dados do Anuário Estatístico da Previdência Social que se encontram nas Informações do Anuário Brasileiro de Proteção 2015, no ano de 2015 foram computados 612.632 acidentes no total e 2.502 mortes. Esses números poderiam ser reduzidos se a gestão de canteiro de obras tivesse maior atenção para a segurança dos trabalhadores.

A segurança deve ser considerada no orçamento da obra e no planejamento do canteiro, pois se trata de um insumo na construção e não pode ser vista como um gasto supérfluo. Em média, para cada R\$1,00 investido em segurança, são economizados R\$ 3,00 em custos de acidentes, ações na justiça e contas com despesas médicas. Por conta da crise econômica, muitas empresas buscam reduzir seus custos, o que acarretar prejuízos à área de saúde e segurança do trabalho. É essencial analisar quais os custos diretos e indiretos envolvidos num acidente para entender a importância da prevenção de acidentes.

Os custos diretos são os que podem ser mensurados de maneira prática, como: tempo perdido, interrupção da produção ou serviço, danos de equipamentos ou materiais, pagamento de horas extras, gastos com recuperação de empregados, vencimentos dos trabalhadores afastados, despesas com primeiros socorros, requalificação de mão de obra, substituição de trabalhadores, despesas administrativas e gastos com medicina e engenharia de reparação.

Já os custos indiretos são mais difíceis de avaliar, pois tratam-se das perdas de vidas, mudanças nas vidas e nas atividades do trabalho dos acidentados, impacto nas suas famílias e diminuição da própria qualidade de vida.

Assim, ao criar um ambiente de trabalho seguro, lucra-se com vários benefícios, como:

- Redução de acidentes: pois há a prevenção dos acidentes laborais que prejudicam a integridade física e mental do trabalhador;

- Menos gastos: esse trabalho preventivo gera menos custos com materiais e afastamentos ou ações judiciais;

- Produtividade: funcionários motivados pelo sentimento de integração da equipe se empenham em alcançar a produtividade estabelecida pela empresa, além disso, a eliminação dos riscos mantém o foco na execução do trabalho prestado.

- Qualidade: funcionários que percebem que estão realizando um trabalho seguro produzem com qualidade;

- Credibilidade: a redução de acidentes e ocorrências envolvendo a imagem da empresa garante a credibilidade corporativa da instituição, como tratativa de responsabilidade social.

Assim como para qual outra atividade do ramo de construção civil, durante o processo de movimento de terras é indispensável obedecer a um quadro de segurança ajustado a cada obra em particular, no qual os principais problemas que surgem são:

- Segurança do equipamento utilizado na construção;

- Segurança das pessoas envolvidas na obra;

- Segurança da própria obra.

Em relação à segurança do equipamento de construção e do pessoal, deve ser respeitado um conjunto de regras e imposto um determinado comportamento para que estas estejam presentes e sobrevivam ao longo do tempo de vida da obra. Em concreto, no que diz respeito à execução de obras com movimentação de terras é necessário tomar medidas provisórias e com efeito imediato.

Quando nas escavações o perfil definitivo do terrapleno é executado com um ângulo convenientemente escolhido (levando em conta os assentamentos) não há necessidade de tomar nenhuma medida de precaução especial. No entanto se não for esta a situação, terá que existir um enorme cuidado para que em nenhuma fase de execução, os taludes sejam fortemente acentuados de modo a evitar acidentes que podem ser muito graves (caso do desprendimento). Quando o aterro é feito num plano inclinado, podem ocorrer escorregamentos. Para evitar que tal aconteça, corta-se o terreno em degraus de meio metro de altura e de largura, conforme a inclinação do terreno, e deixando as terras provenientes deste corte no seu lugar, para que as do terreno se misturem com elas.

No caso de ser notada percolação em alguns taludes, haverá necessidade de serem realizadas operações de saneamento nos mesmos. Para evitar acidentes, é também indispensável limitar a circulação nas proximidades das escavações, das máquinas de movimentos de terra ou caminhões pesados.

Segundo a NR12, as máquinas e equipamentos, bem como as instalações em que se encontram, devem possuir sinalização de segurança para advertir os trabalhadores e terceiros



## 2) Condomínio Preservar:

- 512 unidades de 41,48 m<sup>2</sup> divididos em 32 torres;

Ambos condomínios possuem sua estrutura no modelo térreo seguido de 3 pavimentos tipo, situado num terreno de área total 54.798,39 m<sup>2</sup>, dotado de playground, horta, pomar, local para piquenique e passeios, churrasqueira gourmet, fitness externo e portaria. A obra teve suas atividades iniciadas em janeiro/2016, e tem prazo final de entrega para outubro/2018.

### 3.7.2 Atividades desenvolvidas

Exercendo a função de estagiária em Engenharia Civil, pude desenvolver no período de janeiro/2016 à novembro de 2016 atividades na área de infra estrutura de obras, incluindo a terraplenagem, objeto de estudo desse trabalho. Acompanhei as etapas de execução (limpeza, corte, aterro e compactação), os ensaios de umidade realizados, a marcação de cotas de nível feitas pela topografia etc.

Para fiscalização desses serviços, utilizava os projetos de terraplenagem que descreviam as áreas de corte e aterro, a umidade ótima, profundidade das camadas de compactação etc. Já para a conferência, eram preenchidas fichas de verificação de serviços conforme modelo mostrado no anexo A deste trabalho, onde eram mapeados o local, as datas de início e término daquele serviço.

### 3.7.3 Dados para o dimensionamento

Para o dimensionamento das máquinas que será feito posteriormente, vamos caracterizar todos os fatores usados para escolha dos equipamentos.

#### 1) Fatores naturais:

- Natureza do solo: Solo argilo siltoso com baixa capacidade de suporte quando úmido e vegetação pouco densa, composta de arbustos e algumas árvores de pequeno porte;
- Topografia: Terreno acidentado com rampas de inclinação de 15%;
- Regime de chuvas: Segundo dados da APAC (Agência Pernambucana de águas e climas), no período em questão de fevereiro-julho/2016, os valores das precipitações obtidos no posto 201, localizado no bairro Alberto Maia, em Camaragibe foram:

Tabela 1 – Precipitação pluviométrica fev-jul/2016

Mês/Ano	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	jun/16	jul/16
Acumulado (mm)	69,7	226,1	328,4	453	128,2	107,3

Fonte: Site da APAC

Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/>>

2) Fatores de projeto:

- Volumes a serem movimentados (dados obtidos dos projetos):

Volume de limpeza do terreno: 8 220 m<sup>3</sup>;

Volume de escavação (corte): 102 922 m<sup>3</sup>;

Volume de aterro: 92 412 m<sup>3</sup>

- Distâncias de transporte:

Distância média de transporte na execução da limpeza: 98m;

Distância média percorrida da região de corte até a região de aterro: 125m;

Distância percorrida até o bota fora: 1 720m

A divisão das áreas de corte e aterro podem ser visualizadas na figura 19, sendo corte a região mais clara e aterro, a região mais escura.

Figura 22 – Áreas de aterro e corte



Fonte: Construtora Tenda

### 3.7.4 Equipamentos a utilizar

De acordo com as informações sobre os equipamentos e seus respectivos empregos, vamos definir as máquinas ideais a esse tipo de obra, segundo alguns critérios como; distâncias de transporte, material rodante, adequação ao tipo de atividade.

#### **Limpeza do terreno/desmatamento:**

Um dos principais fatores a serem considerados na escolha do equipamento ideal para esta atividade é a vegetação. Devem ser levados em conta a sua densidade, a quantidade de árvores e raízes bem como suas dimensões.

Por se tratar de uma vegetação de pouca densidade, porém numa grande área composta de arbustos e árvores de pequeno porte (figura 20), o equipamento ideal para essa atividade é o trator de esteira com lâmina frontal oblíqua. Trata-se de uma unidade escavo deslocadora, dotada de uma lâmina destinada a desmatamento de pequeno e médio porte e material rodante sobre esteira, devido à topografia do terreno acidentada.

Figura 23 – Vegetação do local da obra



Fonte: Próprio autor (2016)

#### **Corte:**

Essa atividade inclui tanto a escavação (figura 21) quanto o transporte do material para o bota fora e para o local de aterro.

Figura 24 – Exemplo de trecho a ser escavado



Fonte: Próprio autor (2016)

Para a primeira etapa (escavação do solo e transporte do mesmo para o aterro), a máquina mais indicada é o motoscreiper, utilizada para realizar a retirada (escavação) e transporte do solo até o destino final. Atende à faixa de distância de transporte de 100 à 750m. Podendo ser empregada na obra em estudo tanto por suas dimensões, quanto pela distância requerida ser de 150m.

Já para a segunda etapa (escavação do solo e transporte do mesmo para o bota fora), os equipamentos mais indicados são a pá carregadeira de pneus, que terá sua utilidade na escavação e carregamento da unidade de transporte, a própria pá carregadeira poderia ser a transportadora do material, porém só trabalha com distâncias curtas de até 50m, o que diverge do comprimento do percurso da obra até o local do bota fora, 1700m. Será então utilizado o caminhão basculante para essa atividade, pois de acordo com suas características de capacidade volumétrica e distância percorrida, se adequa aos requisitos do caso em questão.

Ambos também se adequam ao porte da obra quanto às suas dimensões.

#### **Aterro:**

Esta etapa compreende as atividades de descarga, espalhamento do material, correção da umidade e compactação.

Para espalhamento e nivelamento do material poderá ser utilizada a motoniveladora, assim como de fato foi utilizado na prática. A mesma máquina, fazendo uso de um

implemento escarificador, também poderá realizar a escarificação do material para secagem e correção da umidade, atingindo a ideal.

Já para a compactação, o modelo ideal é o rolo compactador, por conta das dimensões da área a ser compactada, base em pé de carneiro, como o solo trata-se de um solo argiloso e quanto sua dinâmica, ser não vibratório, por não se tratar de material granular.

<b>QUADRO RESUMO ATIVIDADE x EQUIPAMENTO IDEAL</b>		
	<b>ATIVIDADE</b>	<b>EQUIPAMENTO IDEAL</b>
<b>Limpeza/ Desmatamento</b>	Realização da limpeza do terreno	Trator de esteiras com lâmina oblíqua
<b>Corte</b>	Escavação e transporte para aterro	Motoscreiper
	Escavação e transporte para bota-fora	Pá carregadeira + Caminhão basculante
<b>Aterro</b>	Descarga	Caminhão basculante
	Espalhamento e correção de umidade	Motoniveladora com implemento escarificador
	Compactação	Rolo pé de carneiro não vibratório

Tabela 2 – Quadro resumo atividade x equipamento ideal

Fonte: Próprio autor (2017)

### 3.7.5 Comparação

A escolha sobre o modo de aquisição dos equipamentos utilizados foi feita a partir de um estudo preliminar, avaliando os aspectos positivos e negativos, levando em consideração os custos e prazos da obra, entre outros fatores, sob o ponto de vista de três situações: alugar, comprar ou contratar uma empresa terceirizada cujo contrato inclui a disposição das máquinas bem como a mão de obra para realização de tais serviços.

Foi feito o dimensionamento com as mesmas máquinas utilizadas no estudo de caso para a realização da movimentação de terras:

- Trator de lâmina de esteiras Komatsu D61ex-23M0;
- Escavadeira hidráulica Komatsu PC200-8M0
- Caminhão basculante Volkswagen Constellation 31.390 Advantech
- Motoniveladora Komatsu GD555-3
- Rolo compactador Dynapac CA 1500PD

### **Produção horária e dimensionamento de equipes**

É importante o estudo das máquinas utilizadas na terraplenagem, além do conhecimento das máquinas, o estudo da produção e do dimensionamento das equipes de máquinas que empreendem o serviço.

O estudo da produção horária das máquinas envolvem os seguintes elementos:

- Ciclo de operações das máquinas;
- Rendimento das máquinas;
- Empolamento dos materiais terrosos movimentados;
- Capacidade volumétrica de cada máquina em cada operação do ciclo.

Além disso, deve-se ter um detalhamento da sequência lógica das operações das máquinas e a determinação da máquina que irá controlar o conjunto de operações em simultaneidade. Ou seja, esse estudo preverá a quantidade de máquinas e a produção conjunta das mesmas, visando à otimização dos serviços.

No dimensionamento das equipes buscou-se um formato para não encher o canteiro de máquinas e ao mesmo tempo realizar o serviço em um período de aproximadamente 140 (cento e quarenta) dias com 8 (oito) horas de trabalho diário.

A produção horária e o dimensionamento de equipes será feito por cada etapa executada, seguindo as características dos modelos, conforme memória de cálculo abaixo:

1) Limpeza do terreno:

Equipamento: Trator de lâminas (figura 22);

Marca/Modelo: Komatsu D61ex-23M0 (Especificações técnicas no anexo B);

Potência: 125 kW;

Comprimento da lâmina (c): 3,86m;

Altura da lâmina (h): 1,16 m

Velocidade de trabalho na 2ª marcha a frente : 5,5 km/h

Velocidade de trabalho na 3ª marcha à ré: 8,0 km/h

Terreno de solo argiloso seco com declive de 15%

Tempo fixo (tf): 0,40 min

a) Cálculo da produção horária do trator de lâmina com base de esteiras:

$$Ph = \frac{60 \cdot C \cdot E \cdot f \cdot \eta}{T} \quad (1)$$

Onde:

- Ph: produção horária, em m<sup>3</sup>/h;
- T : tempo de ciclo, em minutos;
- C : capacidade de corte da lâmina, em m<sup>3</sup>;
- E : Eficiência de trabalho (Tabela 3);
- f : fator de empolamento (Tabela 4);
- η: fator de correção (Tabela 5)

Tabela 3 – Fator de eficiência do trator (E)

<b>Fator de eficiência do trator (E)</b>	
Trator de esteiras	0,80
Trator de rodas	0,70

Fonte: JAWORSKI (2011)

Tabela 4 – Fator de empolamento (f)

<b>MATERIAL</b>	<b>Solto kgf/m<sup>3</sup></b>	<b>Corte kgf/m<sup>3</sup></b>	<b>f</b>	<b>e %</b>
Argila natural	1 661,0	2 017,0	0,82	21
Argila seca	1 483,0	1 839,0	0,80	25
Argila molhada	1 661,0	2 076,0	0,80	25
Terra úmida	1 602,0	2 017,0	0,79	26
Terra seca	1 513,0	1 899,0	0,79	26
Arenito	1 513,0	2 522,0	0,59	69
Areia seca solta	1 424,0	1 602,0	0,88	13
Areia molhada	1 839,0	2 077,0	0,88	13
Pedra britada	1 602,0	2 670,0	0,60	66
Terra úmida 50% rocha 50%	1 721,0	2 284,0	0,75	33
Pedras soltas até 20 cm $\varnothing$	1 340,0	2 670,0	0,50	100

Fonte: JAWORSKI (2011)

Tabela 5 – Fator de correção ( $\eta$ )

<b>Valores de <math>\eta</math></b>	
<b>Material</b>	<b><math>\eta</math></b>
Terra comum, argila seca solta	1
Areia, cascalho, terra molhada	0,8
Rocha escarificada ou dinamitada	0,6

Fonte: JAWORSKI (2011)

O tempo de ciclo é determinado pela soma do tempo fixo, já conhecido, ao tempo variável, determinado por:

$$t_v = \sum 0,06 * \left(\frac{dn}{v_n}\right) = 0,06 * \left(\frac{98}{5,5}\right) + 0,06 * \left(\frac{98}{8,0}\right) = \mathbf{1,8 \text{ minutos}} \quad (2)$$

$$\mathbf{Logo, T = t_f + t_v = 0,40 + 1,8 = 2,2 \text{ minutos}}$$

Capacidade de transporte da lâmina com declive de 15% (C):

$$C = \frac{c \cdot h^2}{2 \cdot \text{tg} \alpha} \quad (3)$$

O valor de  $\text{tg} \alpha$  pode ser obtido através da tabela 6, JAWORSKI (2011):

Tabela 6 – Valores de  $tg \alpha'$ 

Valores de $tg \alpha'$			
Declives em %	$tg \alpha'$	Aclives em %	$tg \alpha'$
0	1,00	0	1,00
5	0,90	5	1,10
10	0,81	10	1,22
15	0,74	15	1,35
20	0,66	20	1,50
25	0,60		

Fonte: JAWORSKI (2011)

$$\text{Então, } C = \frac{3,86 * 1,16^2}{2 * 0,74} = \mathbf{3,51 m^3}.$$

De acordo com as tabelas 3, 4 e 5 respectivamente, os valores de  $E = 0,80$ ;  $f = 0,80$ ;  $\eta = 1,0$ . Aplicando na fórmula (1), temos:

$$Ph = \frac{60 * 3,51 * 0,80 * 0,80 * 1}{2,20} = \mathbf{61,3 m^3/h}$$

Obtemos o número de tratores necessários a realização da atividade num período de 14 dias (112h) pela equação:

$$\text{Nº de tratores} = \frac{V_{\text{limpeza}}}{Ph * t_{\text{disp}}} = \frac{8220}{61,3 * 112} = 1,20 \approx \mathbf{1 \text{ trator de lâmina}} \quad (4)$$

Figura 25 – Trator de lâminas D61ex-23M0 atuando na obra em estudo



Fonte: Próprio autor (2017)

2) Corte:

a) Escavação e transporte para local de aterro:

Equipamento 1: Escavadeira hidráulica (figura 23);

Marca/Modelo: Komatsu PC200-8M0 (Especificações técnicas no anexo C);

Capacidade da caçamba: 1,20 m<sup>3</sup>

Potência: 148 HP

Equipamento 2: Caminhão basculante

Marca/Modelo: Volkswagen/Constellation 31.390 Advantech ((Especificações técnicas no anexo D);

Capacidade da caçamba: 13 m<sup>3</sup>

Potência: 294 kW

Dentro da área do terreno, algumas depressões devem ser preenchidas com argila, a ser retirada num local dentro do terreno situado a uma distância média de transporte de 125m. O volume a ser aterrado, corresponde a 92 412 m<sup>3</sup>. Para determinar o volume real a ser retirado do corte para esse aterro, deve-se considerar a compactação do material, sendo igual a 0,90 para a argila, enquanto em seu estado natural é igual a 1,0.

Figura 26 – Escavadeira hidráulica Komatsu PC200-8M0 atuando na obra em estudo



Fonte: Próprio autor (2017)

Tabela 7 – Coeficientes de compactação

Coeficientes de compactação			
Material	Ao natural	Solto	Compactado
Areia	1,0	1,13	0,95
Terra comum	1,0	1,26	0,90
Argila	1,0	1,25	0,90
Rocha britada	1,0	1,60	1,30

Fonte: JAWORSKI (2011)

Podemos estabelecer a seguinte relação de proporção:

$$\frac{92\ 412}{0,90} = \frac{V_{\text{solto}}}{1,0} \quad (5)$$

Logo,  $V_{\text{solto}} = 92\ 412/0,90 = 102\ 680\ \text{m}^3 = \text{Vaterro solto}$

Cálculo da produção horária das escavadeiras hidráulicas usadas no aterro:

$$Ph = \frac{3600 \cdot Q \cdot f \cdot E \cdot K}{T} \quad (6)$$

Onde:

- Ph: produção horária, em  $\text{m}^3/\text{h}$ ;
- Q: capacidade da caçamba, em  $\text{m}^3$ ;
- T : tempo de ciclo, em segundos (Tabela 8);
- E : Eficiência de trabalho de trabalho - adotar 0,5 para escavadeiras, segundo JAWORSKI (2011);
- f : fator de empolamento (Tabela 4);
- K: fator de eficiência da caçamba (Tabela 8)

Tabela 8 – Fator de eficiência da caçamba

Fator de eficiência da caçamba (K)			
Corte em terreno fácil	Corte em terreno médio	Corte em terreno meio duro	Corte em terreno duro
K = 0,95	K = 0,85	K = 0,70	K = 0,50
Material macio, solto, areia seca, cascalho miúdo, argila arenosa	Material mais duro que não exige emprego de explosivos, argila úmida, cascalho graúdo	Calcário e arenito bem fracionados por explosivos, cascalho com aglomerado, cascalho com matações	Rocha extraída a explosivos, rochas duras, calcários e arenitos

Fonte: JAWORSKI (2011)

Tabela 9 – Tempo de ciclo da escavadeira

Tempo de ciclo em segundos			
capacidade da caçamba, em m <sup>3</sup>	Argila ou barro úmido	Argila ou barro pegajoso	Argila ou barro compacto
0,38	15	18	24
0,53	18	20	26
1,90	20	22	28
2,30	22	24	30
3,00	24	26	32

Fonte: JAWORSKI (2011)

Segundo as tabelas 8 e 9 temos os valores:  $f = 0,80$  (argila seca);  $K = 0,85$  (material mais duro);  $T = 26s$  (argila compacta).

Colocando os valores na fórmula (6) temos:

$$Ph = \frac{3600 \cdot 1,20 \cdot 0,80 \cdot 0,50 \cdot 0,85}{26} = 56,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

Cálculo da produção horária do caminhão basculante usado no transporte do material:

Produção horária de um caminhão basculante:

$$Ph = \frac{60 \cdot C \cdot f \cdot E}{T} \quad (7)$$

Onde:

- Ph: produção horária, em m<sup>3</sup>/h;
- C: capacidade da caçamba, em m<sup>3</sup>;
- T : tempo de ciclo, em minutos;
- E : Eficiência de trabalho de trabalho - adotar 0,7 JAWORSKI (2011);
- f : fator de empolamento (Tabela 3)

Segundo a tabela 4, temos o valor  $f = 0,80$  (argila seca).

$T = ?$

Cálculo do tempo de ciclo (T) do caminhão:

$$\text{Tempo de ciclo (T)} = \text{tempo fixo (tf)} + \text{tempo variável (tv)} \quad (8)$$

Cálculo do tempo fixo (tf):

$$\text{Tempo fixo (tf)} = \text{tempo de partida, descarga e parada (tpdp)} + \text{tempo de carregamento (tc)} \quad (9)$$

Tabela 10 – Tempo de parada, descarga e partida

Tempo de parada, descarga e partida	
Volume da caçamba do caminhão (m <sup>3</sup> )	tpdp (minutos)
4,0	0,8
6,0	1,2
9,0	1,8
11,0	2,2
13,0	2,6
14,0	2,8

Fonte: JAWORSKI (2011)

Sendo **tpdp = 2,6 minutos** (tabela 10 – caminhão 13m<sup>3</sup>);

$T_c = \text{número de ciclos da escavadeira (p/ carregar o caminhão)} \times \text{tempo de ciclo da escavadeira}$  (10)

$N_c = \text{volume do caminhão/volume da escavadeira} = 13/1,2 = 10,83 \approx 11 \text{ ciclos}$  (11)

Substituindo em (11):

$$T_c = 11 \times 0,40 = \mathbf{4 \text{ minutos}}$$

Cálculo do tempo variável (tv):

O tempo variável depende da distância a ser percorrida, com as velocidades obtidas no campo:

$$T_v = \Sigma 0,06 (dn/vn) \text{ (12)}$$

A distância média a ser percorrida é de 125 m, as velocidades com e sem carga são: 32km/h e 41km/h respectivamente.

Substituindo velocidades e distância na fórmula (12), obtemos:

$$T_v = 0,06*(125/32)+0,06*(125/41)= \mathbf{0,42 \text{ minutos}}$$

O tempo de ciclo do caminhão basculante será então determinada por:

$$T = t_v + t_{pdp} + t_c = 0,42 + 2,8 + 4,0 = 7,22 \approx \mathbf{7 \text{ minutos}}$$

A produção horária do caminhão basculante, pode ser então calculada através de (6):

$$P_h = \frac{60*13*0,80*0,70}{7} = 62,4 \approx \mathbf{62 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Comparando - se com a produção horária da escavadeira hidráulica que é de 37,7 m<sup>3</sup>/h, pode ser afirmado que o equipamento que governa a tarefa é a escavadeira hidráulica. (A escavadeira irá trabalhar de forma contínua e os caminhões terão algum tempo de espera).

A produção horária necessária de escavadeira hidráulica que será necessária para executar a atividade com volume de 102 680 m<sup>3</sup> em 95 dias úteis (760h), será:

$$Ph_{nec} = 102\ 680/760 = 135,1 \approx 135 \text{ m}^3/\text{h}$$

O número de escavadeiras necessário é obtido dividindo a produção horária necessária pela produção horária real da escavadeira:

$$N = 135/56,5 = 2,4 \approx 2$$

Número de caminhões basculantes servidos por uma escavadeira:

**N = tempo de ciclo do caminhão basculante / tempo de carregamento**

$$N = 7 \text{ minutos} / 4 = 1,75 \approx 2 \text{ unidades}$$

Como o número de escavadeiras são 2, o número de caminhões para atender essas duas será 4.

b) Carregamento do caminhão para transporte do material até o bota fora:

Vamos usar a mesma escavadeira hidráulica e mesmas condições usadas anteriormente, portanto:

$$\mathbf{Ph \text{ escavadeira hidráulica} = 56,5 \text{ m}^3}$$

Quanto à produção do caminhão basculante, teremos constantes o  $t_c$  e o  $t_{pdp}$ , enquanto o tempo variável muda devido às distâncias serem agora de 150m em solo argiloso e 1570m em asfalto (com velocidades de 38 km/h na ida e 46 km/h na volta). Portanto, substituindo em (12):

$$\mathbf{T_v = 0,06*(150/32+150/41) + 0,06*(1570/38+1570/46) = 5 \text{ minutos}}$$

$$\mathbf{T = t_c + T_{pdp} + T_v = 4 + 2,8 + 5 = 11,8 \approx 12 \text{ minutos}}$$

A produção horária do caminhão basculante, pode ser então calculada:

$$\mathbf{Ph = \frac{60*13*0,80*0,70}{12} = 36,4 \approx 36 \text{ m}^3/\text{h}}$$

O volume a ser levado para o bota fora, é o volume total de corte menos o volume a ser usado no aterro da depressão:

$$\mathbf{V_{botafora} = 102\ 922 - 102\ 680 = 242 \text{ m}^3}$$

O tempo disponível à essa atividade é de 8h. Logo o número de caminhões que satisfazem esse tempo é:

$$N = \frac{V_{\text{botafora}}/T_{\text{disp}}}{Ph} = \frac{242/8}{36} = 0,84 \approx \mathbf{1 \text{ caminh\~{a}o}}$$

3) Aterro:

a) Espalhamento do material:

Equipamento: Motoniveladora

Marca/Modelo: Komatsu GD555-3 (Especificações técnicas no anexo E);

Potência: 140HP

Cálculo da produção horária da motoniveladora no espalhamento de materiais:

$$th = \sum \frac{N \cdot d}{v \cdot E}, \quad (13)$$

Sendo:

- th = tempo total, em horas;
- N = número de passadas, para completar um tipo de operação;
- d = distância percorrida, em cada passada, em km;
- v = velocidade de cada passada, em km/h;
- E = fator de eficiência, igual a 0,60

A extensão linear total de material a ser espalhado é de 42 km, a ser dividido em faixas conforme necessidade do terreno. Serão executadas 2 passadas a 5 km/h e 1 passada a 11 km/h. Colocando os valores na fórmula (13), temos:

$$th = \frac{3 \cdot 42}{5 \cdot 0,60} + \frac{2 \cdot 42}{11 \cdot 0,60} = \mathbf{34 \text{ h}}$$

Considerando o tempo disponível à execução da atividade de 5 dias (40h). teremos que o número de motoniveladoras necessárias é:

$$N = 40/34 = 1,2 \approx \mathbf{1}$$

b) Compactação:

Equipamento: Rolo pé de carneiro estático

Marca/Modelo: Dynapac CA 1500PD (Especificações técnicas no anexo F);

Largura do rolo: 1,87 m;

Eficiência: 0,90;

Velocidade: 4,5 km/h

Cálculo da produção horária do rolo pé de carneiro vibratório:

$$Ph = \frac{L \cdot V \cdot E \cdot e}{N}, \quad (14)$$

Sendo:

- Ph = Produção horária, em m<sup>3</sup>/h;

- L = Largura útil de rodagem (largura do rolo, em metros);
- V = velocidade de deslocamento do rolo, em m/h;
- E = eficiência de trabalho;
- e = espessura da camada compactada, em metros;
- N = Número de passadas.

Para o estudo de caso, foram compactadas camadas de 30 cm de espessura e o número de passadas igual a 9.

Substituindo esses valores na equação (14) temos:

$$Ph = \frac{1,87 * 4500 * 0,90 * 0,30}{9} = 252,45 \approx 252 \text{ m}^3/\text{h}$$

O tempo disponível a execução dessa atividade é de 200h ou 25 dias úteis, com 8h/dia de trabalho.

O volume que é atendido pelo rolo nesse tempo é de:  $V = 252\text{m}^3/\text{h} * 200\text{h} = 50\,400 \text{ m}^3$

A quantidade de rolos necessários é igual ao volume de aterro dividido pelo volume atendido pelo rolo:

$$\text{N}^\circ \text{ de rolos} = \frac{102\,680}{50\,400} = 2 \text{ rolos}$$

Na figura 24, podemos ver o resultado final da terraplenagem:

Figura 27 – Resultado final da terraplenagem



Fonte: Construtora Tenda (2017)

### 3.7.8 Dimensionamento do canteiro de obras

O layout do canteiro de obras foi feito seguindo projeto de logística específico da empresa disposto no Anexo F, abaixo estão uma foto real da disposição do canteiro e o local onde as máquinas ficavam dipostas ao fim do dia, respectivamente.

Figura 28 – Disposição do canteiro de obras



Fonte: Construtora Tenda (2017)

Figura 29 – Local de disposição das máquinas



Fonte: Próprio autor (2017)

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Análise do resultado

Reunindo de forma resumida em uma tabela, as quantidades de equipamentos utilizadas e as calculadas no dimensionamento temos:

Tabela 11 – Quantidade utilizada x quantidade ideal

Atividade	Equipamento	Quantidade utilizada	Quantidade ideal
Limpeza	Trator de lâmina	1	1
Carregamento para aterro	Escavadeira hidráulica	3	2
Carregamento para bota-fora			
Transporte para aterro	Caminhão basculante	6	4
Transporte para bota-fora			
Espalhamento e nivelamento	Motoniveladora	1	1
Compactação	Rolo compactador pé de carneiro	2	2

Fonte: Próprio autor

A partir desse estudo, vemos que houve um uso em excesso no dimensionamento da escavadeira hidráulica e do caminhão basculante. Que pode ter sido acarretado pelo fato de que no dimensionamento, foram usados valores tabelados de fator eficiência da caçamba, fator de empolamento, eficiência de trabalho e tempo de ciclo, para o cálculo da produção horária, tanto da escavadeira hidráulica quanto do caminhão basculante. Alguns desses fatores são explicados abaixo, para um melhor entendimento do que pode ter acontecido.

- Eficiência de trabalho: a soma dos horários do equipamento em atividade e parado, que pode ter sido maior do que o utilizado, devido a tempos de paralisação por chuvas ou imprevidências (falta de operador, peças de manutenção etc);

- Tempo de ciclo: o tempo gasto para realizar o conjunto de operações pode ter sido elevado em uma das operações de corte, descarga, manobra e o transporte em si do material;

Entre outros fatores, situações corriqueiras também podem ter ocasionado essa diferença nos dimensionamentos, como não ter usado o volume coroadado da caçamba ou da pá, por exemplo.

Esse uso de equipamentos maior que o dimensionado, impacta diretamente: no desempenho da obra, que diminui, devido a diminuição da eficiência do conjunto de máquinas; ao diminuir a produtividade, aumentamos o tempo de execução da atividade; e, principalmente o custo, por conta do desperdício de tempo e mão o de obra.

Quanto às repercussões econômicas, seria possível levantar os valores reais utilizados através da análise do custo de cada etapa da terraplanagem, levando em conta o custo dos equipamentos para os casos de aluguel e compra. E compará – los ao valor orçado em projeto, cuja aquisição foi feita através de contrato de empresa terceirizada onde os custos com mão de obra e máquinas já estavam inclusos.

## **5. CONCLUSÕES**

A forma como o presente trabalho foi realizado, a partir da revisão de literatura e em decorrência do guia de dimensionamento obtido e analisado, são estabelecidas as seguintes conclusões:

- Operações de terraplenagem com equipamentos mal dimensionados provocam gastos excessivos e perda de tempo;

- No estudo de caso realizado, foi possível mostrar que conhecidas as características técnicas de um equipamento, pode-se calcular a produção horária e dimensionar a quantidade de máquinas necessárias a realização da atividade num dado período de tempo;

- Fica comprovada a praticidade na obtenção de resultados de um dimensionamento, feito através do guia.

Lembrando ainda que, uma obra será bem executada se tiver um projeto técnico correto, se forem empregados equipamentos adequados, operados por indivíduos capacitados e treinados, tendo todas as etapas supervisionadas por um Engenheiro Civil.

### **5.1 Limitações do trabalho**

Esse assunto sobre dimensionamento de máquinas para terraplenagem ainda é um tema novo e a sua complexidade implica em um grande potencial para pesquisas acadêmicas. Dessa maneira, este trabalho acabou apresentando algumas limitações:

- A comparação de resultados feita, levou em consideração valores de eficiência advindos de tabelas, o que pode diferir bastante da situação real encontrada na obra;
- O dimensionamento foi feito apenas para as mesmas máquinas utilizadas no estudo de caso, não contemplando o restante dos equipamentos e assim servir como uma espécie de guia de dimensionamento genérico;
- Não foi possível detectar ao certo o motivo que de fato ocasionou a divergência de valores do caso real e do planejado, sendo necessário um estudo a parte de cada um desses fatores.

Essas restrições podem ser resolvidas com a continuidade de pesquisas relacionadas a este tema.

## 5.2 Sugestões para trabalhos futuros

Ao realizar o presente estudo surgiram novas propostas de pesquisa, dentre elas:

- Fazer um estudo com dados reais de valores, nesse trabalho, retirados de tabela de outras obras em paralelo para detectar um desvio padrão;
- Fazer o mesmo estudo comparativo para obras do mesmo padrão e em épocas do ano diferentes verificando se os erros acontecem sempre nas mesmas atividades;
- Comparar os prazos propostos e realizados para cada atividade e indicar os motivos responsáveis por possíveis atrasos;
- Explorar o assunto com relação a parte orçamentária, comparando custos;
- Conduzir pesquisa de campo junto a contratantes e contratados para estudar suas opiniões no que diz respeito ao dimensionamento previsto e realizado em obras de terraplenagem.

---

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6023. Informação e documentação: Referências: Elaboração.** Rio de Janeiro. 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6024. Informação e documentação: Numeração progressiva das seções de um documento escrito: Apresentação.** Rio de Janeiro. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6027. Informação e documentação: Sumário: Apresentação.** Rio de Janeiro. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6028. Informação e documentação: Resumo: Procedimento.** Rio de Janeiro. 2003

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6034. Informação e documentação: Índice: Apresentação.** Rio de Janeiro. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10520. Informação e documentação: Citações em documentos: Apresentação.** Rio de Janeiro. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14724. Trabalhos acadêmicos: Apresentação.** Rio de Janeiro. 2011.

BASTOS, P. K. X. **Construção de edifícios.** 14. Ed. Juiz de Fora: UFJF, 2009.

BONDUKI, N. **Política habitacional e inclusão social no Brasil:** revisão histórica e novas perspectivas no governo Lula. Revista eletrônica de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, n.1, p. 71-104, set. 2008.

FARIA, J. A. **Equipamentos de construção civil.** Porto: FEUP, 2014.

FILHO, A. N. B. **Segurança do trabalho na construção civil.** Ed. São Paulo: Atlas, 2015. v. 01. 200p.

FILHO, C. S. C; SOUZA, A. R. L. Análise dos custos envolvidos na construção de unidades habitacionais vinculadas ao programa minha casa minha vida: estudo de um empreendimento imobiliário na região metropolitana da capital do estado do Rio Grande do Sul. **Pensar Contábil,** Rio de Janeiro, n. 62, p.34-44, jan/abr. 2015.

GUIMARÃES, N. **Equipamentos de construção e conservação.** Curitiba: EdUFPR, 2001.

JAWORSKI, T. **Equipamentos para escavação-compactação e transporte.** Curitiba: EdUFPR, 2011.

---

LAPA, R. P. **Saúde e segurança no trabalho é custo ou investimento?** Jundiaí-SP, 2017. Disponível em: <<http://segurancatemfuturo.com.br/index.php/2016/10/10/saude-e-seguranca-no-trabalho-e-um-custo-ou-investimento/>> Acesso em: 09/01/2018.

MIOTTO, B. F.; CROVADOR, G.; MIOTTO, P. F. **Estudo comparativo entre quantitativos previstos e realizados em uma obra de construção civil em Curitiba – Paraná.** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2014. 85p.

OLIVEIRA, D. C. C.; VIEIRA, T. R.; CREPALDI, P. G. Influência da segurança do trabalho na redução de custo da empresa. **Saber**, Londrina, n1, v. 21, jul. 2013.

PEURIFOY, Robert L. et al. **Planejamento, equipamentos e métodos para a construção civil.** Porto alegre: McGraw – Hill, Bookman, 2015.

PEREIRA, D. M.; RATTON, E. ; BLASI, G. F. ; FILHO, W. K. **Introdução à terraplenagem.** Paraná: UFPR, 2006.

SILVA, C. M., **Modelo computacional para dimensionamento de tratores, equipamentos e operações agrícolas.** 1996. 110f. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, 1996.

SOUZA, A. A. P., **Guia para o dimensionamento de frotas de carregamento e transporte por caminhões em mineração a céu aberto.** 2014. 57f. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, Tocantins, 2014.

VIANA, E. S., **Máquinas e métodos de desmatamento.** 2012. 18f. Trabalho técnico – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, Goiás, 2012.

**ANEXOS**

Anexo A – Ficha de verificação de serviço

Anexo B – Especificações Trator de lâmina de esteiras Komatsu D61ex-23M0

Anexo C - Especificações Escavadeira hidráulica Komatsu PC200-8M0

Anexo D - Especificações caminhão Volkswagen/Constellation 31.390 Advantech

Anexo E - Especificações motoniveladora Komatsu GD555-3

Anexo F - Especificações rolo compactador Dynapac CA 1500PD

Anexo G – Projeto de logística do canteiro



## ANEXO B – Especificações Trator de lâmina de esteiras Komatsu D61ex-23M0

## ESPECIFICAÇÕES



## MOTOR

Modelo..... Komatsu SAA6D107E-1  
 Tipo ..... 4 tempos, arrefecido à água, injeção direta  
 Número de cilindros..... 6  
 Aspiração..... Turboalimentado, pós-arrefecido ar-ar  
 Diâmetro x curso ..... 107 mm x 124 mm  
 Cilindrada ..... 6,69 ℓ  
 Governador..... eletrônico, para todas as velocidades  
 Potência  
 SAE I1995 ..... Bruta: 127 kW (170 HP)  
 ISO 14396 ..... 126 kW (169 HP)  
 ISO 9249 / SAE J1349 ..... Líquida 125 kW (168 HP)  
 Rotação nominal..... 2200 rpm  
 Acionamento do ventilador ..... hidráulico  
 Sistema de lubrificação  
 Método ..... Forçada, por bomba de engrenagens  
 Filtro ..... de fluxo total  
 Atende aos padrões de controle de níveis de emissão de poluentes definidos pela norma Tier 3.



## TRANSMISSÃO HIDROSTÁTICA

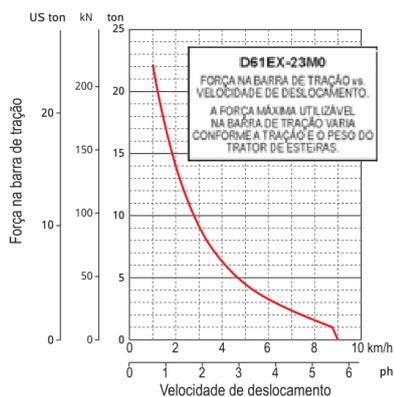
A transmissão hidrostática de caminho duplo oferece várias possibilidades de velocidade de 0 a 9 km/h. Os motores de deslocamento de capacidade variável permitem ao operador selecionar a rotação ideal que atenda aos requisitos específicos do trabalho. Conta também com alavanca de bloqueio do controle de deslocamento e interruptor de segurança em neutro.

Velocidade de deslocamento (modo de mudança rápida)*	Avante	Ré
1ª	0 – 3,4 km/h	0 – 4,1 km/h
2ª	0 – 5,6 km/h	0 – 6,5 km/h
3ª	0 – 9,0 km/h	0 – 9,0 km/h

Velocidade de deslocamento (modo de mudança variável)*	Avante	Ré
	0 – 9,0 km/h	0 – 9,0 km/h

\*As mudanças de velocidade rápida são ajustáveis no painel do monitor.



## COMANDOS FINAIS

Motores de deslocamento de pistão axial, montados nas sapatas e integrados à engrenagem planetária redutora de dois estágios. A montagem compacta na sapata reduz o risco de danos causados por resíduos. Segmentos parafusados na roda motriz facilitam a sua reposição.



## SISTEMA DIRECIONAL

Os comandos de todos os movimentos direcionais são feitos através de uma alavanca joystick PCCS (Sistema de Controle por Comando na Palma da Mão). Para avançar com a máquina, basta empurrar essa alavanca para frente. Puxando-a para trás, a máquina trafega em ré. Para fazer uma conversão, basta inclinar a alavanca PCCS para a esquerda ou para a direita.

A inclinação total da alavanca joystick para um dos lados ativa a contra-rotação das esteiras.

A Transmissão Hidrostática (HST) proporciona manobras mais ágeis e suaves. O controle totalmente eletrônico permite um controle suave da máquina, que pode ser ajustado no monitor. O sistema PCCS utiliza botões de mudança para determinar o aumento e a redução da velocidade.

Raio mínimo de giro\*

D61EX-23M0: ..... 2,1 m

\* Conforme medição das marcas das esteiras no solo



## MATERIAL RODANTE

Suspensão..... Oscilante, por barra equalizadora e eixo pivotado.  
 Armação das esteiras..... Monobloco, seção transversal grande,  
 de construção altamente durável

Roletes e roda-guia ..... Roletes de esteira lubrificadas.  
 Esteiras lubrificadas ..... A tensão das esteiras é facilmente ajustada por meio de uma bomba de graxa.

Sapatas de esteira..... Esteiras lubrificadas. Exclusivos vedadores de pó evitam a entrada de material abrasivo no interior dos conjuntos de pino e bucha, prolongando a durabilidade de todo o material rodante. A tensão das esteiras é facilmente ajustada por meio de uma bomba de graxa.

	D61EX-23M0
Número de roletes inferiores (cada lado)	8
Tipo de sapata (padrão)	Garra simples
Número de sapatas (cada lado)	46
Altura da garra	57,5 mm
Largura da sapata (padrão)	600 mm
Área de contato com o solo	37980 cm <sup>2</sup>
Pressão sobre o solo (com lâmina e cabine ROPS)	50,4 kPa 0,51 kgf/cm <sup>2</sup>
Bitola	1900 mm
Comprimento da esteira sobre o solo	3165 mm



## CAPACIDADES DE REABASTECIMENTO

Sistema de arrefecimento..... 40 ℓ  
 Reservatório de combustível ..... 372 ℓ  
 Motor ..... 27 ℓ  
 Reservatório hidráulico ..... 101 ℓ  
 Comando final (cada lado) ..... 8,1 ℓ



## PESO OPERACIONAL

Peso operacional:

Incluindo lâmina de inclinação e angulação hidráulicas, cabine ROPS, operador, equipamento padrão e capacidade nominal de lubrificantes, unidade de controle hidráulico, líquido de arrefecimento e reservatório de combustível cheio e escarificador traseiro.

D61EX-23M0..... 19.770 kg

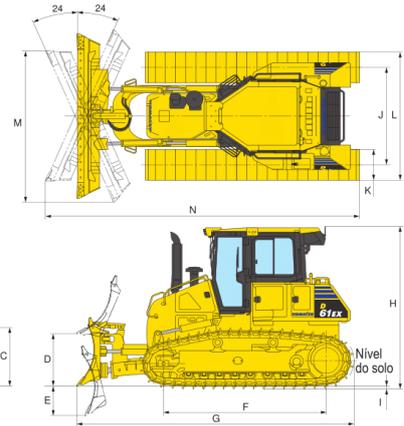
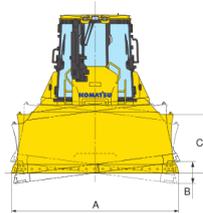
## D61EX-23M0



## DIMENSÕES

D61EX-23M0	
A	3860 mm
B	535 mm
C	1155 mm
D	1025 mm
E	580 mm
F	3165 mm
G	5480 mm
H	3180 mm
I	57,5 mm
J	1900 mm
K	600 mm
L	2500 mm
M	3530 mm
N	6220 mm

Altura livre em relação ao solo.....390 mm



## SISTEMA HIDRÁULICO

Sistema Sensor de Carga de Centro Fechado (CLSS) projetado para controle preciso e eficiente, inclusive nas operações simultâneas.

Unidade de Controle hidráulico

Todas as válvulas de controle, do tipo carretel, são montadas externamente ao reservatório hidráulico. Bomba hidráulica tipo pistão com vazão de descarga de 171 l/min com o motor na rotação nominal.

Ajuste da válvula de alívio ..... 27,4 Mpa 280 kg/cm<sup>2</sup>  
Cilindros hidráulicos ..... Tipo pistão de dupla ação

	Número de cilindros	Diâmetro
Elevação da lâmina	2	100 mm
Inclinação da lâmina	1	120 mm
Angulação da lâmina	2	110 mm

Capacidade de óleo hidráulico (reabastecimento):

Lâmina de inclinação e angulação hidráulicas..... 101 ℓ

Válvulas de controle:

Válvula de controle de 3 carretéis para lâmina de inclinação e angulação hidráulicas.

Posições:

Elevação da lâmina ..... Elevar, manter, baixar e flutuar

Inclinação da lâmina ..... À direita, manter e à esquerda

Angulação da lâmina ..... À direita, manter e à esquerda

Válvula de controle adicional para o escarificador

Posições:

Elevação do escarificador..... Elevar, manter e baixar



## LÂMINA

As capacidades da lâmina são determinadas com base na prática recomendada SAE J1265.

Uso de aço de alta resistência nas lâminas para proporcionar maior robustez aos equipamentos de construção.

D61EX-23M0	Comprimento total com lâmina (mm)	Capacidade da lâmina (m <sup>3</sup> )	Largura x altura da lâmina (mm)	Elevação máxima acima do solo (mm)	Penetração máxima no solo (mm)	Ajuste máximo de inclinação (mm)
Lâmina	5480	3,8	3860 x 1155	1025	580	515

## ANEXO C – Especificações Escavadeira hidráulica Komatsu PC200-8M0

## PC200-8 e PC200LC-8 ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS

## ESPECIFICAÇÕES



## MOTOR

Modelo.....	Komatsu SAA6D107E-1
Tipo.....	4 tempos, arrefecido à água, injeção direta "Common Rail"
Aspiração.....	Turboalimentado, com pós-resfriador
Número de cilindros.....	6
Diâmetro dos cilindros.....	107 mm
Curso.....	124 mm
Cilindrada.....	6,69 l
Potência no volante:	
SAE J1995.....	Bruta <b>155 HP</b> (116 kW)
ISO 9249/SAE J1349.....	Líquida <b>148 HP</b> (110 kW)
Rotação nominal.....	2000 rpm
Tipo de acionamento do ventilador.....	Mecânico
Governador.....	Eletrônico para todas as velocidades
Atende aos padrões de controle de níveis de emissão de poluentes definidos pela Norma EPA Tier 3	



## SISTEMA HIDRÁULICO

Tipo.....	Sistema Hydraumind de centro fechado dotado de válvulas sensoras de carga e válvulas compensadoras de pressão
Número de modos de operação selecionáveis.....	5
Bomba principal:	
Tipo.....	Tipo pistão de deslocamento variável
Função.....	Acionamento dos circuitos da lança, do braço, da caçamba, do giro e de deslocamento
Vazão máxima.....	2 x 219 l/min
Suprimento do circuito de controle.....	Válvula auto-redutora
Motores hidráulicos:	
Deslocamento.....	2 motores de pistão axial com freio de estacionamento
Giro.....	1 motor de pistão axial com freio de retenção do giro
Ajustes das válvulas de alívio:	
Circuitos dos Implementos.....	380 kgf/cm <sup>2</sup> (37,3 MPa)
Circuito de deslocamento.....	380 kgf/cm <sup>2</sup> (37,3 MPa)
Circuito do giro.....	295 kgf/cm <sup>2</sup> (28,9 MPa)
Circuito piloto.....	33 kgf/cm <sup>2</sup> (3,2 MPa)
Cilindros hidráulicos:	
Número de cilindros - (diâmetro x curso x diâmetro da haste)	
Lança.....	2 - (130 mm x 1334 mm x 90 mm)
Braço.....	1 - (135 mm x 1490 mm x 95 mm)
Caçamba.....	1 - (115 mm x 1120 mm x 80 mm)



## COMANDOS FINAIS E FREIOS

Controle direcional.....	por meio de duas alavancas com pedais
Método de transmissão.....	hidrostático
Força máxima na barra de tração.....	18200 kg (178 kN)
Inclinação máxima de subida de rampas.....	70% (35°)
Velocidade máxima de deslocamento: Alta.....	5,5 km/h
(mudança automática de marcha) Média.....	4,1 km/h
Baixa.....	3,0 km/h
Freio de serviço.....	tipo trava hidráulica
Freio de estacionamento.....	freio a disco mecânico



## SISTEMA DO GIRO

Método de acionamento.....	hidrostático
Redução do giro.....	por engrenagem planetária
Lubrificação do círculo de giro.....	em banho de graxa
Freio de serviço.....	tipo trava hidráulica
Freio de retenção/Bloqueio do giro.....	a disco, mecânico
Velocidade de giro.....	12,4 rpm
Torque de giro.....	6900 kgf·m



## MATERIAL RODANTE

Armação central.....	Em "X"
Armação das esteiras.....	Seção em caixa
Vedação das esteiras.....	esteiras vedadas
Ajustadores da tensão das esteiras.....	Hidráulicos
Número de sapatas (cada lado)	
PC200-8.....	45
PC200LC-8.....	49
Número de roletes superiores (cada lado).....	2
Número de roletes inferiores (cada lado)	
PC200-8.....	7
PC200LC-8.....	9



## CAPACIDADES DE REABASTECIMENTO

Reservatório de combustível.....	400 l
Sistema de arrefecimento.....	20,4 l
Motor.....	23,1 l
Comando final (cada lado).....	3,3 l
Redutor do giro.....	6,6 l
Reservatório hidráulico.....	135 l



## PESO OPERACIONAL (APROXIMADO)

Peso operacional incluindo lança inteira de 5700 mm (PC200-8) e 5200 mm (PC200LC-8), braço de 2410 mm, caçamba coroada SAE de 1,20 m<sup>3</sup> (PC200-8) e 1,50 m<sup>3</sup> (PC200LC-8), capacidade nominal de lubrificantes, líquido de arrefecimento, reservatório de combustível cheio, operador e equipamento padrão.

Sapatas de Garra Tripla	PC200-8		PC200LC-8	
	Peso Operacional	Pressão Sobre o Solo	Peso Operacional	Pressão Sobre o Solo
700 mm	21000 kg	0,40 kgf/cm <sup>2</sup>	22400 kg	0,43 kgf/cm <sup>2</sup>
800 mm	21250 kg	0,35 kgf/cm <sup>2</sup>	22680 kg	0,38 kgf/cm <sup>2</sup>



## FORÇAS DE OPERAÇÃO

	Braço	2410 mm	2925 mm
		Força de escavação com a caçamba na potência máxima	14100 kgf 138 kN
Conforme Norma SAE	Força de fechamento do braço na potência máxima	12600 kgf 124 kN	10300 kgf 101 kN
Conforme Norma ISO	Força de escavação com a caçamba na potência máxima	15200 kgf 149 kN	15200 kgf 149 kN
	Força de fechamento do braço na potência máxima	13000 kgf 127 kN	11000 kgf 108 kN

## ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS

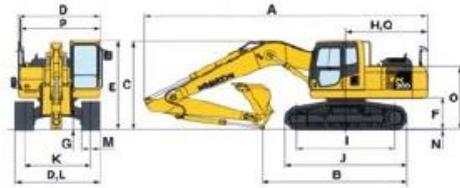
## PC200-8 e PC200LC-8



### DIMENSÕES

		PC200-8		PC200LC-8
		Braço de 2,41 m	Braço de 2,93 m	Braço de 2,41 m reforçado
A	Comprimento total	9490 mm	9410 mm	8990 mm
B	Comprimento sobre o solo (transporte)	5695 mm	4825 mm	5275 mm
C	Altura total (na parte superior da lança)	3160 mm	2940 mm	3040 mm

	PC200-8	PC200LC-8	
D	Largura total (estrutura giratória)	2900 mm	3180 mm
E	Altura total (na parte superior da cabina)	3040 mm	3040 mm
F	Distância do solo até o contrapeso	1085 mm	1085 mm
G	Vão livre máximo	440 mm	440 mm
H	Raio de giro traseiro	2750 mm	2750 mm
I	Comprimento da superfície da esteira em contato com o solo	3275 mm	3665 mm
J	Comprimento total da esteira	4070 mm	4450 mm
K	Bitola	2200 mm	2380 mm
L	Largura da esteira	2900 mm	3180 mm
M	Largura da sapata	700 mm	800 mm
N	Altura da garra	25 mm	25 mm
O	Altura até o capô	2095 mm	2095 mm
P	Largura da estrutura giratória	2710 mm	2710 mm
Q	Distância do centro do giro a extremidade traseira	2710 mm	2710 mm



### COMBINAÇÃO DE CAÇAMBA RETROESCAVADORA, BRAÇO E LANÇA

Capacidade da caçamba (coroadas)	Caçamba-retro				Nº de dentes	Braço			
	Largura		Peso com cortadores laterais	Nº de dentes		PC200-8			PC200LC-8
	SAE, PCSA	Sem cortadores laterais				Com cortadores laterais	1,84 m	2,41 m	2,93 m
0,8 m <sup>3</sup>		913 mm	958 mm	842 kg	4	○	○	○	○
1,0 m <sup>3</sup>		1071 mm	1117 mm	913 kg	5	○	○	□	○
1,2 m <sup>3</sup>		1228 mm	1274 mm	942 kg	5	○	□	X	○
1,5 m <sup>3</sup>		1350 mm	1900 mm	1100 kg	5	X	X	X	○

- - Usada para materiais de densidade de até 1,8 ton/m<sup>3</sup>
- - Usada para materiais de densidade de até 1,5 ton/m<sup>3</sup>
- △ - Usada para materiais de densidade de até 1,2 ton/m<sup>3</sup>
- X - Não utilizável

# Anexo D - Especificações caminhão Volkswagen/Constellation 31.390 Advantech

## Especificações Técnicas Constellation 31.390 6x4

### MOTOR

Fabricante / Modelo	Cummins ISL 390
Nº de cilindros / Cilindrada (cm³)	6 cil / 8000
Velocidade máxima (km/h)	400
Torque Máx. (kgm) (*)	1700 @ 1100 - 1500
Torque Máx. (Nm) (*)	12500 @ 1100 - 1500
Sistema de Injeção	Common rail
Compressor de Ar	Knorr LK 39
Norma de Emissões	Proceuro P7
Tecnologia de Emissões	SCR

(\*) Valores conforme ensaio NBR ISO 1585

### TRANSMISSÃO

Fabricante / Modelo	ZF / IBS 1695 TD
Tipos de Transmissão	Módulo 73
Nº de marchas	16 à frente (sincronizadas), 2 à ré
Relações de transmissão:	
1ª	16,41:1
2ª	13,80:1
3ª	11,28:1
4ª	9,49:1
5ª	7,76:1
6ª	6,33:1
7ª	5,43:1
8ª	4,57:1
Relação de Tração	R6 15,36 / 12,92:1
Relação de Diferencial	6,8:4

### EMBREAGEM

Fabricante / Tipo	Sachs / monodisco a seco, revestimento orgânico
Acionamento	Pull type, hidráulico assistido a ar
Diâmetro do disco (mm)	430

### EIXO DIANTEIRO

Fabricante / Modelo	Sifro / B K
Tipo	Viga, T em aço torçido

### EIXOS TRASEIROS MOTRIZES

Fabricante / Modelo	Meritor / MT 50 168
Tipo	Eixo rígido em aço estampado
Relação de redução	4,56:1 e 4,10:1 (opc.)
Bloqueio de diferencial	Normal de série

### SUSPENSÃO

Dianteira	Molas semi-elípticas de duplo estágio, amortecedores hidráulicos telescópicos de dupla ação, barra estabilizadora
Traseira	Eixos rígidos em tandem - Randoni (tipo bogie), molas semi-elípticas com ação progressiva

### DIREÇÃO

Fabricante / Modelo	ZF / 8087
Tipo	Hidráulica integral com esferas recirculantes

### CHASSIS

Tipo	Escada, longarinas duplas, reforço em "C", superfície plana, perfil "U" constante, rebeldado e parafusado
Material	IN/E 28
Módulo Seccional (cm³)	431

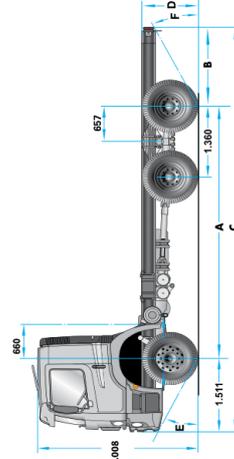
### RODAS E PNEUS

Tipo	Aço 6R,25" x 22,5"
Pneus	295 / 80 R22,5 / 12 R22,5

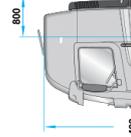
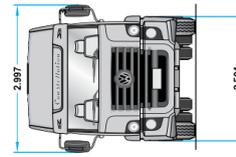
### Cabine Estendida



Dimensões principais (mm)



### Cabine Leito Alto



### FREIOS

Freio de Serviço	Ar, tambor nas rodas dianteiras e traseiras
Tipo / Circuito	S-Carne / circuito duplo, independente, reservatórios de ar, sistema de controle
Freio de Estacionamento	Câmara de molas acumuladoras
Atuação	Rodas traseiras
Acionamento	Válvula moduladora no painel
Freio Motor / Tipo	Freio de cabote
Acionamento	Eléctropneumático, tecla no painel e comando no acelerador

### SISTEMA ELÉTRICO

Tensão Nominal	24V
Bateria auxiliar p/ 12 volts	Série
Bateria com / sem aquecimento	2 x (12V - 100Ah) - 20V
Alternador	80A - 28V

### VOLUMES DE ABASTECIMENTO (l)

Combustível / material	275 / Plástico
Cartão com filtro / sem filtro	33,8 / 31,5
Caixa de Mudanças	13,0
Eixo Traseiro	19,0 (dianteiro) / 19,0 (posterior)
Direção	2,0
Sistema de Abastecimento	31,5
Tanque de ARLA 32	31

### DIMENSÕES (mm)

Distância entre-eixos (eixos extremos)	A 3440 (4800)
Balanco dianteiro	B 1950
Balanco traseiro	C 4580 (5940)
Comprimento total	D 1075
Altura da plataforma de carga	E 130
Altura da caixa de mudanças (extremos do para-choque)	F 190
Distância entre longarinas (externa)	G 2907
Bitola traseira	H 1079
Vão livre dianteiro	I 329
Vão livre traseiro	J 233
Ângulo de entrada	K 25°
Ângulo de saída	L 40°
Ângulo de saída	M 20°

### PESOS (kg)

Peso em ordem de marcha (Total) - cab. est. / leito	6750 / 10750
Peso em ordem de marcha (Total) - cab. est. / leito	4190 / 4410
Eixo traseiro - cab. est. / leito	4530 / 4460
Eixo dianteiro	30500
Capacidade técnica (Total)	6500
Eixo Traseiro	24000
Peso bruto total (PBT) - homologado	23000
Capacidade Máxima de Tração (CMT)	63000
Capacidade Máxima de Carga (CMI)	63000
Capacidade Máxima de Carga (CMI)	14280 / 14120
Capacidade Máxima de Carga (CMI)	14180 / 14010

### DESEMPENHO (Cálculo Teórico)

Relação de redução do eixo traseiro	4,56:1
Velocidade máxima (km/h)	108
Capacidade de rampa em PBT (%)	89
Partida em rampa em PBT (%)	81
Partida em rampa em PBT (%)	73

Obs.: Todos propostos por simulação de performance

## ANEXO E - Especificações motoniveladora Komatsu GD555-3

MOTONIVELADORA **GD555-3****ESPECIFICAÇÕES****CHASSI**

Seção soldada (largura x altura) .....	300 x 294 mm
Placa lateral .....	250 x 12 mm
Modulo da seção vertical, chassi dianteiro:	
Mínimo .....	2140 cm <sup>3</sup>
Máximo .....	4860 cm <sup>3</sup>
Peso linear por comprimento, chassi dianteiro:	
Mínimo .....	151 kg/m
Máximo .....	199 kg/m

**EIXO DIANTEIRO**

Tipo .....	Seções soldadas construídas com barras de aço maciças
Altura livre em relação ao solo no pivô .....	630 mm
Ângulo de inclinação lateral das rodas (esquerda ou direita) .....	20°
Oscilação total .....	32°

**EIXO TRASEIRO**

Eixo totalmente flutuante em aço liga com tratamento térmico dotado de diferencial com bloqueio/desbloqueio.

**TANDEM**

Oscilante, de seção em caixa soldada, totalmente vedada .....	580 mm x 221 mm
Corrente de acionamento da roda motriz de corpo único .....	Passo de 31,75 mm
Espessura da parede lateral: Interna .....	22 mm
Externa .....	19 mm
Espaçamento entre os eixos das rodas .....	1535 mm
Oscilação do tandem .....	13° para frente, 13° para trás

**DIREÇÃO**

Sistema direcional de acionamento hidráulico proporcionando controle da direção mesmo com o motor desligado segundo os padrões SAE J53 e J1511

Raio de giro mínimo .....	6,8 m
Inclinação máxima da direção para a direita ou a esquerda .....	49°
Ângulo de articulação para a esquerda ou a direita .....	23°

**RODAS DIANTEIRAS E TRASEIRAS**

Tipo dos mancais .....	De rolamentos cônicos
Pneus de baixa pressão sem câmara de ar, .....	14,00 x 24 – 12lonas classe L2/G2
Aros intercambiáveis .....	14,00 DC x 25

**COMPARTIMENTO DO OPERADOR**

Console de controle pivotante e volante da direção inclinável. Assento com suspensão e encosto com apoios laterais para os braços reguláveis. Ampla área envidraçada para uma total visibilidade externa.

**CAPACIDADES**

	Litros
Reservatório de combustível .....	340
Sistema de arrefecimento .....	42
Motor .....	14
Transmissão .....	45
Comando final .....	12
Tandem (cada lado) .....	83
Sistema hidráulico .....	85
Reservatório hidráulico .....	45
Carcaça de inversão do círculo .....	5

**PESOS OPERACIONAIS (APROXIMADOS)**

Peso operacional da máquina básica equipada com: cabina fechada, ar condicionado, lâmina de 3,71m, pneus 14,00 x 24-12 lonas L2/G2, lubrificantes, líquido de arrefecimento, reservatório de combustível completo, operador e conjunto ripper traseiro de 3 dentes com contrapeso dianteiro.

Total ..... 15740 kg

Alterações de peso

Opcionais	Alteração no peso operacional
Conjunto ripper traseiro de 3 dentes com contrapeso dianteiro (remoção)	-1284 kg
Nove dentes/hastes adicionais do ripper traseiro	+12 kg
Duas hastes / dentes adicionais do ripper traseiro	+68 kg
Lâmina de 4320 mm	+124 kg

**INSTRUMENTOS**

Sistema de monitoração eletrônico com funções de diagnóstico de falhas:

Indicadores:

Padrões ..... articulação, temperatura do líquido de arrefecimento do motor, nível de combustível, horímetro, central de mensagens, temperatura do óleo do conversor de torque

Luzes de alerta:

Padrões ..... carga da bateria, flutuação da lâmina, pressão do óleo do freio, sinalizador do aquecedor, pressão do óleo do motor, sinal do aquecedor, bloqueio do braço de levantamento, freio de estacionamento, circuito elétrico da transmissão e temperatura do óleo do conversor de torque, bloqueio do diferencial, temperatura do óleo do diferencial, farol alto.

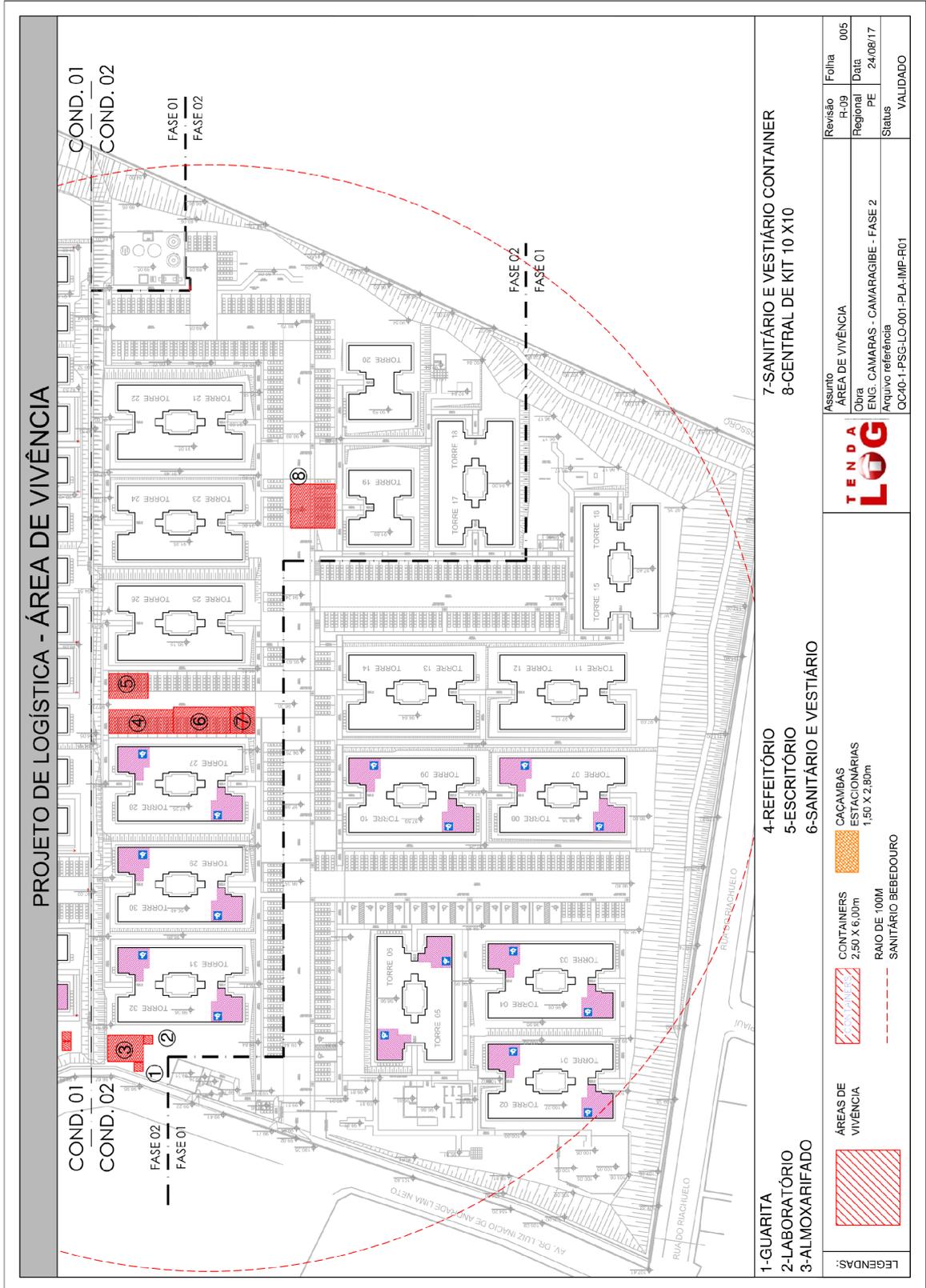
Opcionais ..... faróis de trabalho

## ANEXO F - Especificações rolo compactador Dynapac CA 1500PD

**Dynapac CA 1500 PD - Especificações Técnicas**

Peso construção	7 t
Fabri. Motor	Cummins
Tipo de motor	QSB3.3T4i
Dimensões equipamentos .l / w / h	4,78x1,85x2,88 m
Potência do motor	74 kW
Vibração	e
Accionamento	A
Displacement	3.3 l
Rotações no Binário Max	2200 min-1
Velocidade	6.5 km/h
Frequência	32/40 Hz
Largura do rolo	1.68 m
rolo Ø	2.22 m
Amplitude	1,8/0,8 mm
raio de manobra	4.53 m
Linha de carga estática	-

ANEXO G - Projeto de logística do canteiro



PROJETO DE LOGÍSTICA - ÁREA DE VIVÊNCIA

1-GUARITA	4-REFEITÓRIO	7-SANITÁRIO E VESTIÁRIO CONTAINER	Revisão	Folha
2-LABORATÓRIO	5-ESCRITÓRIO	8-CENTRAL DE KIT 10 X10	R-09	005
3-ALMOXARIFADO	6-SANITÁRIO E VESTIÁRIO		Regional	Data
	CACAVBAS ESTACIONÁRIAS 1,50 X 2,80m		PE	24/08/17
	CONTAINERS 2,50 X 6,00m		Status	VALIDADO
	RAIO DE 100M		Arquivo referência	
	SANITÁRIO BEBEDOURO		OC40-1-PSG-LO-001-PLA-IMP-RC1	
LEGENDAS:	ÁREAS DE VIVÊNCIA			
	ÁREA DE VIVÊNCIA			
	Assunto			
	ÁREA DE VIVÊNCIA			
	Obra			
	ENG. CAMARAS - CAMARAGIBE - FASE 2			
	TENDA LOG			